



Titulació:

Grado en Ingeniería en Tecnologías Aeroespaciales

Alumna:

Barbara Álvarez Aza

Título TFG:

Estudio de Optimización Económica de Sistemas de Iluminación Aplicado a una Nave de Producción Automovilística

Director/a del TFG:

Xavier Roca Ramon

Convocatoria de entrega del TFG:

Enero 2015

Contenido de este volumen:

Tabla de contenido

Lista de figuras	4
Lista de tablas	7
Acrónimos y abreviaciones	9
1.Objetivo.....	11
2.Alcance	12
3.Requerimientos.....	13
4.Justificación.....	15
5.Finalidad	16
6.Estado del arte, antecedentes y características actuales	17
6.1 Situación y emplazamiento	17
6.1.1 NLK 8	18
6.1.2 NLK 9	19
6.1.3 NLK 10	19
6.1.4 Taller 12.....	21
6.2 Características del clima Mediterráneo	22
6.2.1 Precipitaciones.....	22
6.2.2 Temperaturas.....	23
6.3 Estado del arte de los talleres.....	23
6.3.1 NLK 8	23
6.3.2 NLK 9	24
6.3.2 NLK 10	25
6.4 Problemática corporativa	26
6.5 Normativa y reglamentación aplicable	27
7.Principales alternativas y su desarrollo	28
7.1 Consideraciones y datos técnicos para el estudio de iluminación natural en la cubierta	28
7.2 Alternativas	30
7.2.1 Lucernarios.....	30
7.2.2 Propuestas	31
8.Solución escogida.....	53
8.1 Descripción de los lucernarios escogidos	53
8.1.1 Introducción: Valores UG-UT(Uw)	53

8.1.2 Claraboya F-100 de CI-System	53
8.1.3 Lucernario Continuo B de CI-System.....	57
8.2 Descripción y motivos de la propuesta escogida	60
8.2.1 NLK 9	60
8.2.2 NLK 8	61
8.2.3 NLK 10	62
8.2.4 Taller 12.....	62
9.Viabilidad económica.....	63
9.1 NLK 9	63
9.2 NLK 8	64
9.3 NLK 10	66
9.4 Taller 12	67
9.4 Resumen	69
10. Impacto medioambiental.....	71
11. Consideraciones sociales	73
12. Planificación y organización del estudio	74
12.1 Identificación de las tareas	74
12.2 Descripción de las tareas	75
12.3 Interdependencia de las tareas y nivel de esfuerzo	79
12.4 Gantt	80
13. Conclusiones y recomendaciones	82
14. Bibliografía	85

Lista de figuras

Il·lustració 1: SEAT. [Plano de Seat Martorell]. Recuperado de información proporcionada por SEAT	12
Il·lustració 2: Imágenes de Mapamundi. [Emplazamiento de la empresa]. Recuperado de https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSqxUJXQx2mMZ_dZ4PWJN9X8Muk_iYnnTCQ9b17Xvq1FMM_TOx-	17
Il·lustració 3: SEAT. [Taller 8 de la fábrica de SEAT Martorell]. Recuperado de información proporcionada por SEAT.....	18
Il·lustració 4: SEAT. [Ampliación del supermercado NLK8]. Recuperado de información proporcionada por SEAT	18
Il·lustració 5: SEAT. [Taller 9 de la fábrica de SEAT Martorell]. Recuperado de información proporcionada por SEAT.....	19
Il·lustració 6: SEAT. [Ampliación del supermercado NLK9]. Recuperado de información proporcionada por SEAT	19
Il·lustració 7: SEAT. [Taller 10 de la fábrica de SEAT Martorell]. Recuperado de información proporcionada por SEAT.....	20
Il·lustració 8: SEAT. [Ampliación del supermercado NLK10]. Recuperado de información proporcionada por SEAT	20
Il·lustració 9: SEAT. [Taller 12 sin su parte norte (fuera de estudio)]. Recuperado de información proporcionada por SEAT.....	21
Il·lustració 10: SEAT. [Taller 12 de la fábrica de SEAT Martorell]. Recuperado de información proporcionada por SEAT.....	21
Il·lustració 11: Agencia Estatal de Meteorología, ed(1971-2000). [Precipitaciones y temperaturas en la provincial de Barcelona] Recuperado en http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=0076&k=cat	22
Il·lustració 12: [Diagrama de la situación actual de luz diurna NLK8]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	23
Il·lustració 13: [Diagrama de la situación actual de luz diurna NLK9]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	24
Il·lustració 14: [Diagrama de la situación actual de luz diurna NLK10]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	25
Il·lustració 15: [NLK9, diagrama de isolíneas de intensidad lumínica, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	32
Il·lustració 16: [NLK9, diagrama de isolíneas del coeficiente de luz diurna, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	33

Il·lustració 17: [NLK8, diagrama de isolíneas de intensidad lumínica, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	35
Il·lustració 18: [NLK8, diagrama de isolíneas del coeficiente de luz diurna, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	36
Il·lustració 19: [NLK10, diagrama de isolíneas de intensidad lumínica, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	37
Il·lustració 20: [NLK10, diagrama de isolíneas del coeficiente de luz diurna, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	38
Il·lustració 21: [T12, diagrama de isolíneas de intensidad lumínica, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	39
Il·lustració 22: [T12, diagrama de isolíneas del coeficiente de luz diurna, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	40
Il·lustració 23: [NLK9, diagrama de isolíneas de intensidad lumínica, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	42
Il·lustració 24: [NLK9, diagrama de isolíneas del coeficiente de luz diurna, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	43
Il·lustració 25: [NLK8, diagrama de isolíneas de intensidad lumínica, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	45
Il·lustració 26: [NLK8, diagrama de isolíneas del coeficiente de luz diurna, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	46
Il·lustració 27: [NLK10, diagrama de isolíneas de intensidad lumínica, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	47
Il·lustració 28: [NLK10, diagrama de isolíneas del coeficiente de luz diurna, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	48
Il·lustració 29: [T12, diagrama de isolíneas de intensidad lumínica, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	50
Il·lustració 30: [T12, diagrama de isolíneas del coeficiente de luz diurna, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	51
Il·lustració 31: Lamilux. [Claraboya F-100]. Recuperado de http://www.arquitecturadelvidrio.com/catalogs/Exutorio-F-100.pdf	53
Il·lustració 32: Lamilux. [Perfil de la claraboya F-100]. Recuperado de http://www.arquitecturadelvidrio.com/catalogs/Exutorio-F-100.pdf	54
Il·lustració 33: Perfil de la parte central de la claraboya F-100. Fuente propia.....	55
Il·lustració 34: Lamilux. [Claraboya F-100]. Recuperado de http://www.arquitecturadelvidrio.com/catalogs/Exutorio-F-100.pdf	56
Il·lustració 35: Lamilux. [Lucernario Tipo B]. Recuperado de http://www.arquitecturadelvidrio.com/catalogs/Bv2.pdf	57
Il·lustració 36: Perfil lucernario tipo B. Fuente propia.....	57

Ilustración 37: Lamilux. [Claraboya tipo B]. Recuperado de http://www.arquitecturadelvidrio.com/catalogs/Bv2.pdf	59
Ilustración 38: Ministerio de Empleo y Seguridad. Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para su evaluación. [Diagrama de luminancia]. Recuperado de http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Iluminacion/ficheros/IluminacionPuestosTrabajoN.pdf	61

Lista de tablas

Tabla 1: [Datos de la situación actual del supermercado NLK8]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	24
Tabla 2: [Datos de la situación actual del supermercado NLK8]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	25
Tabla 3: [Diagrama de la situación actual de luz diurna NLK10]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	26
Tabla 4: [NLK9, tabla de resultados de intensidad lumínica, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	33
Tabla 5: [NLK9, tabla de resultados del coeficiente de luz diurna, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	34
Tabla 6: [NLK8, tabla de resultados de intensidad lumínica, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	35
Tabla 7: [NLK8, tabla de resultados del coeficiente de luz diurna, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	36
Tabla 8: [NLK10, tabla de resultados de intensidad lumínica, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	38
Tabla 9: [NLK10, tabla de resultados del coeficiente de luz diurna, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	39
Tabla 10: [T12, tabla de resultados de intensidad lumínica, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	40
Tabla 11: [T12, tabla de resultados del coeficiente de luz diurna, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	41
Tabla 12: [NLK9, tabla de resultados de intensidad lumínica, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	43
Tabla 13: [NLK9, tabla de resultados del coeficiente de luz diurna, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	44
Tabla 14: [NLK9, tabla de resultados de luminancia, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux.....	44
Tabla 15: [NLK8, tabla de resultados de intensidad lumínica, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	45
Tabla 16: [NLK8, tabla de resultados del coeficiente de luz diurna, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	46
Tabla 17: [NLK8, tabla de resultados de luminancia, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux.....	47
Tabla 18: [NLK10, tabla de resultados de intensidad lumínica, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	48

Tabla 19: [NLK10, tabla de resultados del coeficiente de luz diurna, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	49
Tabla 20: [NLK10, tabla de resultados de luminancia, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	49
Tabla 21: [T12, tabla de resultados de intensidad lumínica, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	50
Tabla 22: [T12, tabla de resultados del coeficiente de luz diurna, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux	51
Tabla 23: [T12, tabla de resultados de luminancia, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux.....	52
Tabla 24: Lamilux. [Datos técnicos de la cúpula]. Recuperado de http://www.arquitecturadelvidrio.com/catalogs/Exutorio-F-100.pdf	54
Tabla 25: Tipo de claraboyas y número. Fuente propia	56
Tabla 26: Lamilux. [Datos técnicos del lucernario tipo B]. Recuperado de http://www.arquitecturadelvidrio.com/catalogs/Bv2.pdf	57
Tabla 27: Tipo de claraboyas y número. Fuente propia	59
Tabla 28: Norma IRAM_AADL J20-02 "Iluminación Natural en Edificios". [Coeficiente de luz diurna apropiada para cada caso]. Recuperado de http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap08.pdf	60
Tabla 29: Resumen económico. Fuente propia	69
Tabla 30: Ministerio de Empleo y Seguridad. Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para su evaluación. [Valores de iluminancia]. Recuperado de http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Iluminacion/ficheros/IluminacionPuestosTrabajoN.pdf	73
Tabla 31: Tabla desglose de actividades e interdependencias	79

Acrónimos y abreviaciones

B-s1 d0: Nomenclatura que indica combustión con contribución muy limitada, opacidad baja de los humos producidos y no producción de gotas o partículas inflamadas

B-s2 d0: Nomenclatura que indica combustión con contribución muy limitada, opacidad media de los humos producidos y no producción de gotas o partículas inflamadas

°C: Grados Celsius

cd: Candelas

cm: Centímetros

CO₂: Dióxido de carbono

Csa: Clima templado mediterráneo en la clasificación Köppen

CTE: Centro Técnico de la Edificación

D: Coeficiente de luz diurna

Deck: Cubierta conformada a partir de una chapa metálica, un aislamiento termo-acústico y acabado impermeabilizante.

D_m: Coeficiente de luz diurna medio

D_{max}: Coeficiente de luz diurna máximo

D_{min}: Coeficiente de luz diurna mínimo

€: Euros

E: Intensidad lumínica

E_e: Intensidad lumínica horizontal del aire

E_m: Intensidad lumínica media

E_{max}: Intensidad lumínica máxima

E_{min}: Intensidad lumínica mínima

EOTA: Organización Europea de Idoneidad Técnica

h: Horas

k: Valor de transmisión térmica

K: Kelvin

kg: Kilogramos

kN: Kilonewtons

kWh: Kilowatios por hora

l: Litros

L: Luminancia

L_m : Luminancia media

L_{max} : Luminancia máxima

L_{min} : Luminancia mínima

m: Metros

m^2 : Metros cuadrados

MAN: Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg SE

mm: Milímetros

NLK: Almacén/supermercado logístico

PETG: Copoliéster de polietilentereftalato de glicol

PRFV: Poliéster Reforzado de Fibra de Vidrio

PVC: Policloruro de Vinilo

SEAT: Sociedad Española de Automóviles de Turismo

U: Suma de la transmisión térmica de todos los elementos involucrados

U_f : Valor de aislamiento térmico del marco

U_g : Valor de aislamiento térmico del acristalamiento

W: Watios

1. Objetivo

El objeto de este proyecto se basa en realizar un estudio de optimización económica de sistemas de iluminación, tanto natural como artificial, aplicado a una nave de producción automovilística de aproximadamente 35000 m².

2. Alcance

El estudio se realizará en diferentes naves de SEAT Martorell (longitud $1,9^\circ$, latitud $41,5^\circ$) e inclinación de 105° respecto al norte las cuales se detallan a continuación: el almacén logístico (taller 12) y las naves NLK 8, NLK9, NLK10. El plano adjuntado (ilustración 1) muestra la situación de las naves y/o talleres, todos ellos situados en la zona sud de la planta de producción.

Este proyecto va enfocado a prever la iluminancia que se obtendrá en el interior de la nave (sin hacer referencia a divisiones interiores) con la luz natural que incida en la cubierta a través de los lucernarios; en condiciones de cielo despejado, no considerando la incidencia de haz solar directa que nos aportaría zonas de luz variable de iluminación intensa.

Se presenta un presupuesto de cada taller con el precio de los lucernarios y de la mano de obra. El estudio no tiene dentro de su alcance el cálculo del tiempo que se tardaría en desarrollar la obra del proyecto ni las posibles pérdidas económicas por tener paralizados dichos talleres temporalmente.

No se tendrá en cuenta el criterio de encendido de luces artificiales, puesto que este estudio tiene la finalidad de descubrir la viabilidad de tal, no de desarrollar un criterio de cuándo o como se debería encender la luz artificial.

En lo referente al impacto ambiental, el estudio no considera las emisiones de óxidos de azufre y nitrógeno, se mencionarán en un plano cualitativo únicamente, pero no en el cómputo de disminución de emisiones.



Ilustración 1: SEAT. [Plano de Seat Martorell]. Recuperado de información proporcionada por SEAT

3. Requerimientos

- El estudio debe tener en cuenta las especificaciones o requerimientos que la empresa demande, es necesario una buena comunicación con ella. La empresa demanda una disminución de las emisiones de dióxido de carbono y conseguir “paybacks” lo más bajos posibles.
- Desarrollar el estudio y las propuestas en base a la normativa de la empresa y/o estatal.
- Considerar el tipo de clima que afecta al emplazamiento de los talleres.
- Tener en cuenta el estado del arte de los talleres, si existe alguna claraboya o algún elemento que permita la entrada de luz natural.
- Estudiar los valores de intensidad lumínica natural del estado del arte.
- Demandar presupuesto por parte de un proveedor, dicho proveedor debe ser aceptado por el cliente.
- Proponer una distribución de claraboyas de diferentes modelos en los talleres conforme a los presupuestos facilitados por la empresa proveedor que se escoja, teniendo en cuenta las necesidades de cada área de trabajo y la condición de economizar cada recurso. Una vez obtenidos estos resultados se propondrá, si es necesario, una mejora de distribución o incluso una disminución de la cantidad de lucernarios a fin de hacer económico el proyecto. La iluminación artificial será imprescindible en los momentos de poca luz natural.
- Ofrecer al menos cuatro posibles opciones, una para cada taller, de integración de luz natural.
- Ofrecer o mencionar los valores, como mínimo, de intensidad lumínica y coeficiente de luz diurna del plano útil de cada una de las opciones computadas. Dichos valores serán comentados para poder argumentar si la opción propuesta cumple los requerimientos para ser escogida.
- Las opciones que sean escogidas para presentar a la empresa, aquellas del apartado 8, deben ser viables estructuralmente y deben cumplir la normativa de la empresa.

- Prevalecer que el/los modelo/s de lucernario/s ofrezca/n una vida útil relativamente larga, un confort por encima de la estética y que necesite/n un mantenimiento mínimo.
- Evitar lucernarios transparentes que puedan dejar pasar la radiación solar, la cual puede deteriorar cualquier producto de la fábrica así como las molestias que podría ocasionar al personal.
- Los modelos de lucernarios que se propondrán en el apartado 7 deben ser aprobados por el cliente, es decir, solo se podrán estudiar aquellos modelos que el cliente esté dispuesto a instalar.
- Hacer un estudio en detalle de las característica/s del/los lucernario/s escogido/s.
- Tener presente que uno de los cuatro talleres tiene una altura que ronda los 16 metros, por tanto se deberá instalar un modelo de lucernario que este homologado para dichas alturas.
- Mencionar el impacto social que habría si se llevasen a cabo las propuestas del estudio.
- Especificar la cantidad de dióxido de carbono que se dejaría de emitir a la atmosfera si se llevasen a cabo las opciones.

4. Justificación

La empresa SEAT forma parte del grupo Volkswagen, un conjunto de empresas fabricantes de coches lideradas por Volkswagen que tienen unos patrones comunes de dirección. Dicho grupo se ha propuesto para el año 2018 conseguir una reducción del 25% en las emisiones de dióxido de carbono respecto a 2010^[18]. Este objetivo debe ser cumplido por todas las empresas, por tanto SEAT necesita reducir sus niveles de dióxido entre otros parámetros impuestos por el grupo.

Teniendo en cuenta la situación geográfica de la empresa, que le permite disfrutar de muchas horas de luz natural a lo largo del año, una medida a tener en cuenta para conseguir dicho objetivo es reducir el consumo de energía eléctrica destinado a iluminación. Para ello la solución pensada por la empresa ha sido utilizar energías renovables como es el caso de la luz solar. La empresa pretende descubrir mediante dicho estudio la viabilidad tanto económica como medioambiental de proporcionar medios para una iluminación natural en los talleres demandados por ella (NLK8, NLK9, NLK10 y taller 12).

Tanto la energía solar como las horas de luz natural son dos recursos naturales que proceden de la misma fuente y que tiene un gran potencial. En la actualidad ya existen diferentes talleres y campas con placas solares, desde 2008 hasta 2012 se han ido instalando por toda la fábrica y actualmente se producen 50.000kWh de energía solar limpia para la propia fábrica. Sin embargo, la utilización de iluminación natural es un recurso que aún no está tan extendido en esta fábrica y que tiene un gran potencial debido a la latitud y longitud en la que se sitúa SEAT.

La solución para conseguir una iluminación de luz natural en los talleres y/o marquesinas es la instalación de lucernarios. Un lucernario, claraboya o tragaluz es una ventana situada en el techo o parte superior de una pared utilizada para proporcionar luz en un recinto cerrado interior. Al situarse en un tejado, la iluminación es superior a la de una ventana.

[17]

Por otra parte se pretende obtener un ahorro económico en lo que a consumo de energía eléctrica se refiere y plantar un referente que lleve a una reducción continua del gasto en energía eléctrica.

En resumen, la empresa necesita reducir sus niveles de emisiones de dióxido de carbono y entrar en una fabricación más sostenible sin comprometer su cuenta de resultados, ya que cabe recordar la existencia actual de una recesión económica global.

5. Finalidad

Este informe encuentra su principal finalidad en el estudio de la viabilidad de la incorporación de lucernarios en ciertos talleres de la fábrica SEAT Martorell con motivo de conseguir un ahorro sustancial del gasto en energía eléctrica y de emisiones de dióxido.

Además de la finalidad de ahorro económico existen tres finalidades secundarias colaterales a la principal. Por un lado se conseguiría ser un referente en cuanto a desarrollo ecológico, aprovechamiento de energías renovables y desarrollo sostenible en la producción de automóviles para el grupo Volkswagen. Por otro lado con la implantación de los lucernarios se observaría una mayor concienciación ecológica del personal de SEAT debido al claro posicionamiento que adquiriría la empresa por utilizar los recursos sostenibles que estuviesen a su alcance. Finalmente, y como tercera finalidad, se reducirían las emisiones de dióxido de carbono al ambiente.

6. Estado del arte, antecedentes y características actuales

En este apartado, no solo se pasará a detallar el estado actual de los talleres, sino que también es de vital importancia especificar la situación y/o el emplazamiento tanto de la fábrica como de los talleres, ya que las horas de luz solar dependerán de ello debido a la forma de la Tierra, a su rotación alrededor del Sol, etc.; conocer y entender el tipo de clima de este emplazamiento; explicar la problemática corporativa y el motivo por el cual esta situación actual no puede continuar, y finalmente conocer la normativa actual existente que se debe de tener en cuenta al proponer posibles soluciones.

Para introducirlo de la manera más entendible posible, primero se pasará a detallar el emplazamiento, seguidamente el clima del emplazamiento, así como el estado de los talleres. Para finalizar se explicará el motivo por el cual la empresa se plantea un cambio y la normativa existente en la actualidad sobre este tema.

6.1 Situación y emplazamiento

SEAT Martorell está situada a una longitud de 1,9° y una latitud de 41,5°, ilustración 2, donde se muestra la situación geográfica de la empresa.

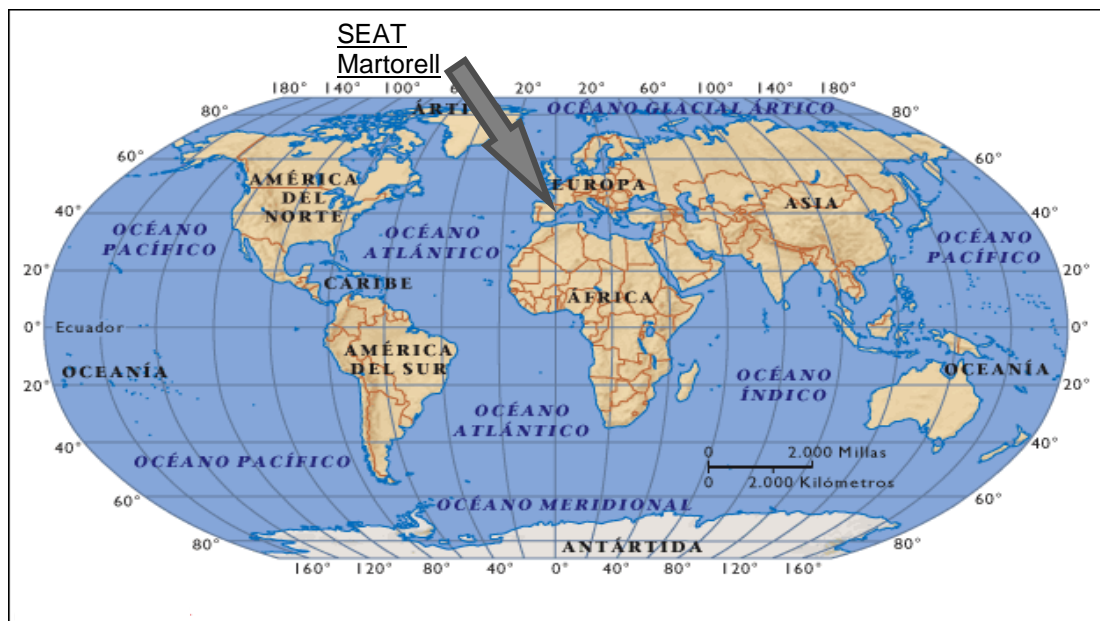


Ilustración 2: Imágenes de Mapamundi. [Emplazamiento de la empresa]. Recuperado de https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSqxUJXQx2mMZ_dZ4PWJN9X8Muk_iYnnTCQ9b17Xvq1FMM_TOx-

La distribución de la fábrica viene especificada en la ilustración 1, donde las naves a estudiar están señaladas. Todos los planos de fábrica se adjuntan en el pliego de planos, para un mayor estudio de detalles.

6.1.1 NLK 8

La ilustración 3 muestra el taller 8. El estudio se basará únicamente en el supermercado de este taller, detallado en la ilustración 4.

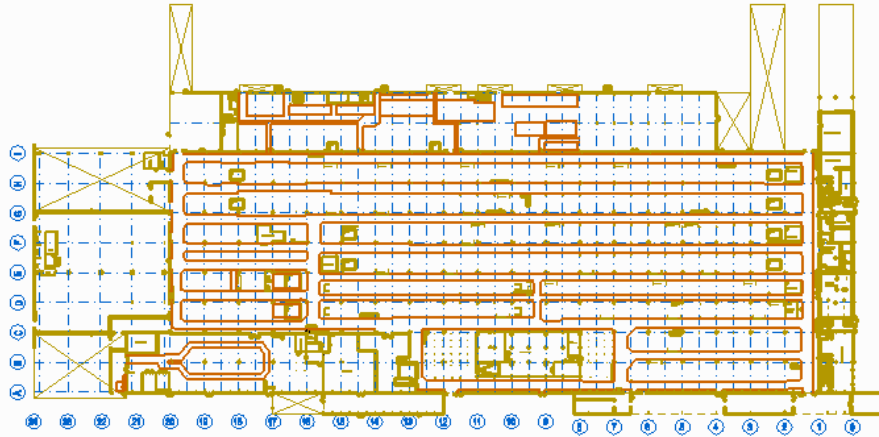


Ilustración 3: SEAT. [Taller 8 de la fábrica de SEAT Martorell]. Recuperado de información proporcionada por SEAT

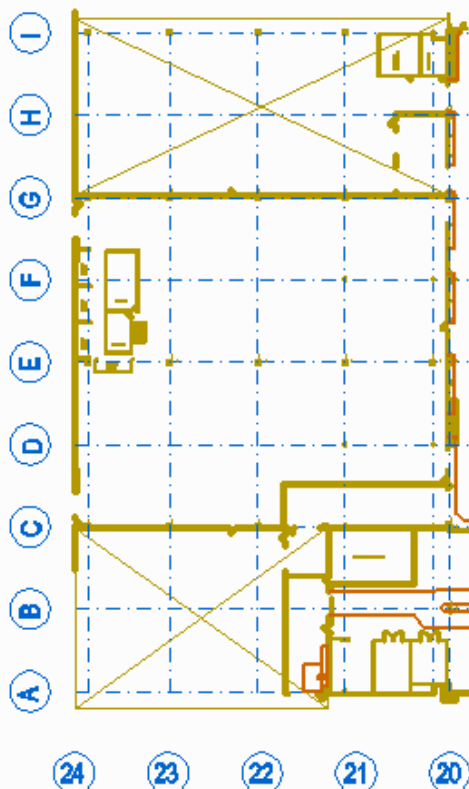


Ilustración 4: SEAT. [Ampliación del supermercado NLK8]. Recuperado de información proporcionada por SEAT

El supermercado del taller 8, mostrado en la ilustración 4, está compuesto por dos marquesinas. Tanto este taller como sus dos marquesinas tienen una altura de entre 8,3 m y 8,6 m, esta diferencia es debida a desniveles para la evacuación del agua de lluvia. Al ser una variación de altura tan pequeña no es relevante para el estudio de la instalación de lucernarios.

El área de la nave NLK es de 3583 m² mientras que las marquesinas tienen una superficie de 1816 m² y 1316 m² respectivamente.

6.1.2 NLK 9

El taller 9 viene detallado en la ilustración 5, mientras que la ilustración 6 es un detalle del supermercado de este taller (NLK 9).

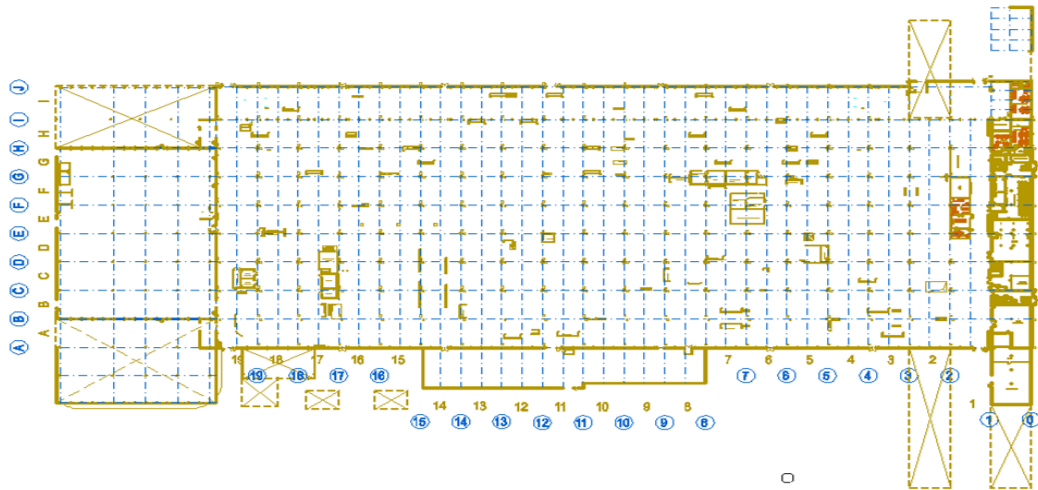
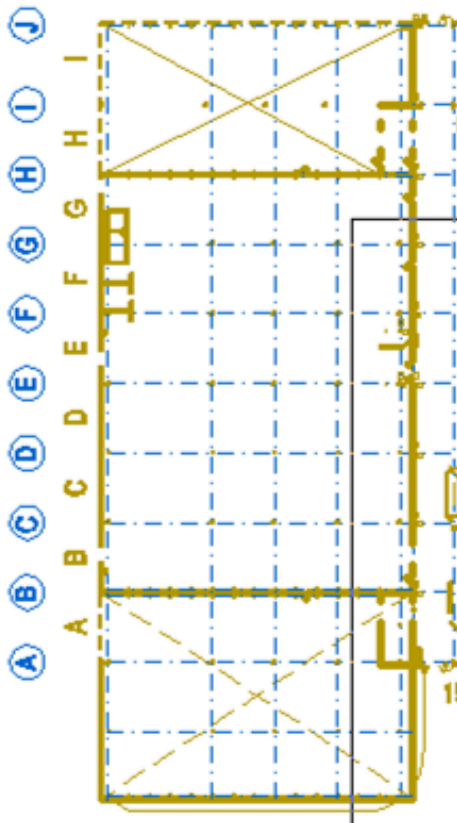


Ilustración 5: SEAT. [Taller 9 de la fábrica de SEAT Martorell]. Recuperado de información proporcionada por SEAT



Este supermercado también está compuesto por dos marquesinas. Tanto este taller como sus dos marquesinas tienen una altura de entre 8,3 m y 8,6 m, debidas al mismo motivo que el NLK del taller 8.

El área de la nave NLK es de 5272 m² mientras que las marquesinas tienen una superficie de 1905 m² y 2531 m² respectivamente.

Ilustración 6: SEAT. [Ampliación del supermercado NLK9]. Recuperado de información proporcionada por SEAT

6.1.3 NLK 10

El taller 10 viene detallado en la ilustración 7, mientras que la ilustración 8 es un detalle del supermercado de este taller (NLK 10).

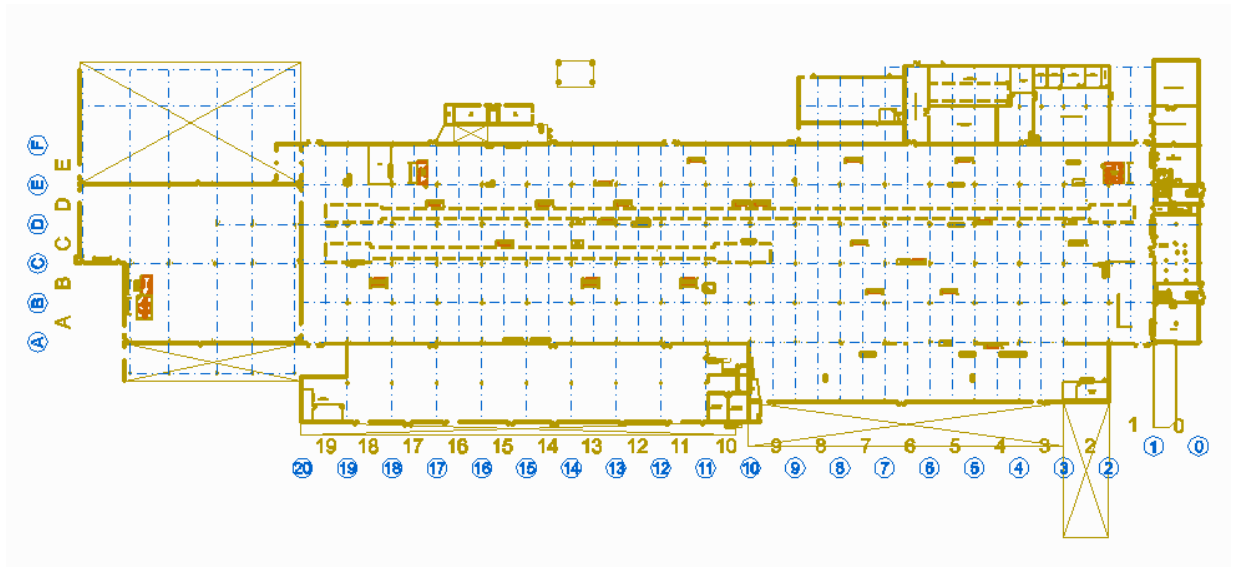
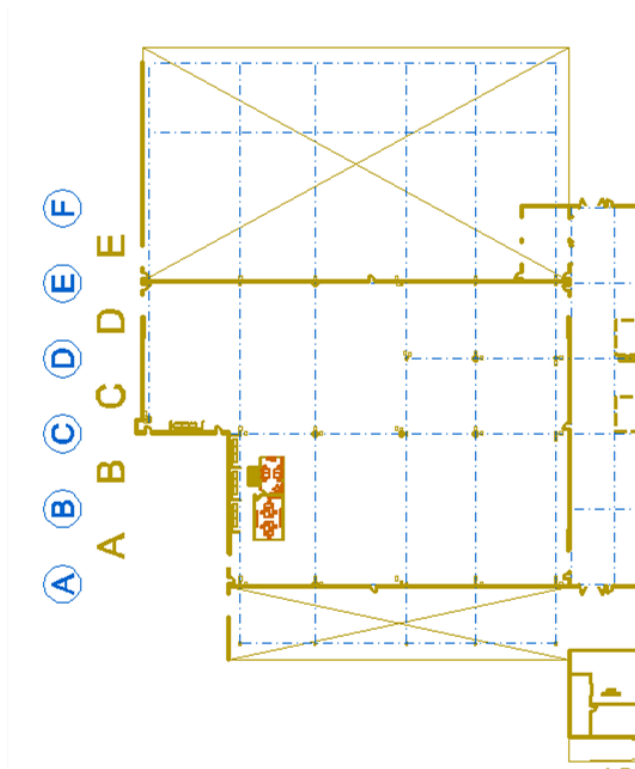


Ilustración 7: SEAT. [Taller 10 de la fábrica de SEAT Martorell]. Recuperado de información proporcionada por SEAT

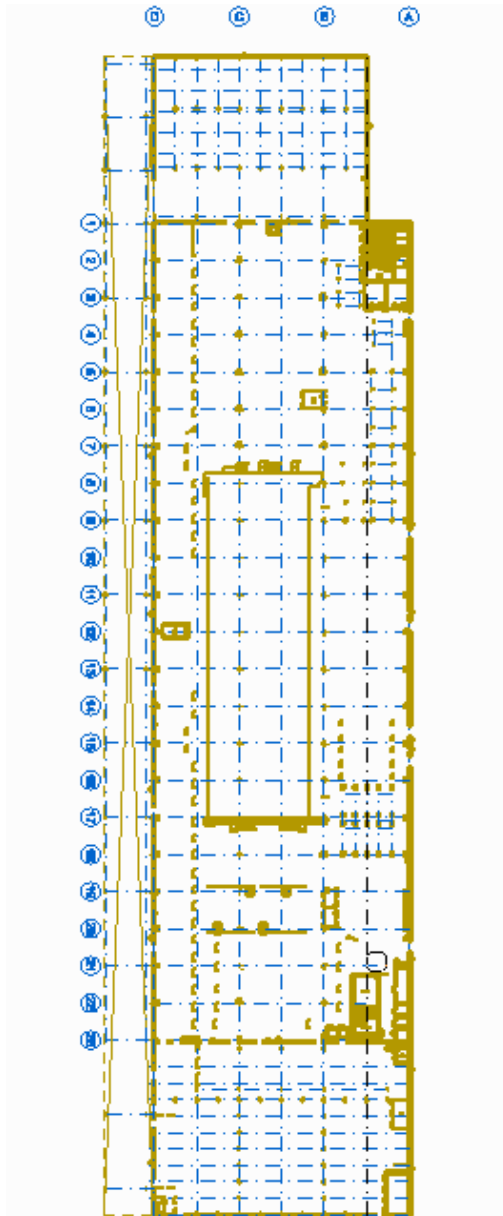


Este supermercado también está compuesto por dos marquesinas. Tanto este taller como sus dos marquesinas tienen una altura de entre 8,3 m y 8,6 m, debidas al mismo motivo que el NLK del taller 8 y 9.

El área de la nave NLK es de 3977 m² mientras que las marquesinas tienen una superficie de 3021 m² y 875 m².

Ilustración 8: SEAT. [Ampliación del supermercado NLK10]. Recuperado de información proporcionada por SEAT

6.1.4 Taller 12



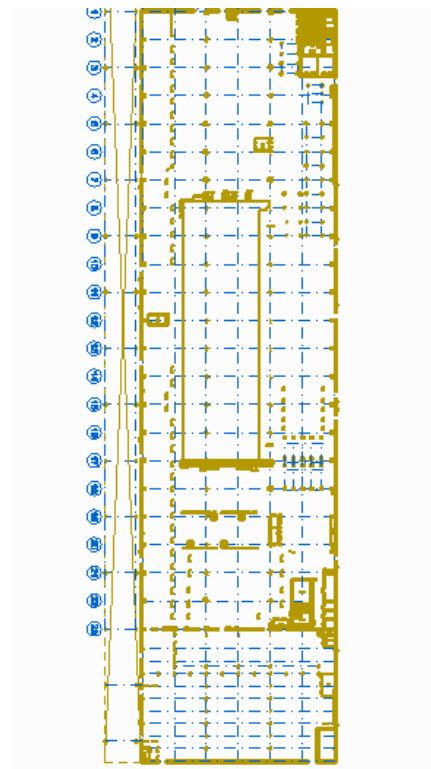
Il·lustració 10: SEAT. [Taller 12 de la fàbrica de SEAT Martorell]. Recuperado de información proporcionada por SEAT

El área total de la marquesina es de 11035 m². Parte de la marquesina no es visible en la ilustración 9 y 10. En el pliego de planos se muestra el taller con las naves a estudiar rayadas en rosa y las marquesinas a estudiar rayadas en verde.

El taller 12 es un almacén de logística con triple tejado inclinado a dos aguas donde la parte más alta alcanza una altura de 16 m y las más bajas 15 m.

Debido a que la parte norte del taller será, en un futuro, un almacén automático no se hará el estudio de esta parte del taller. La figura 9 representa el taller 12 mientras que la figura 10 muestra la superficie del almacén donde la instalación de claraboyas sería susceptible de estudio.

El área a estudiar total del taller es de 36440 m².



Il·lustració 9: SEAT. [Taller 12 sin su parte norte (fuera de estudio)]. Recuperado de información proporcionada por SEAT

6.2 Características del clima Mediterráneo

Debido a su emplazamiento en la provincia de Barcelona, su clima mediterráneo viene caracterizado por inviernos templados y lluviosos y veranos secos y calurosos, con otoños y primaveras variables, tanto en temperaturas como en precipitaciones.

La ilustración 11 muestra las variaciones de temperatura, siempre por encima de los 0°C, y precipitaciones, donde en este caso se puede observar un otoño lluvioso, durante el año 2013 de la provincia de Barcelona.

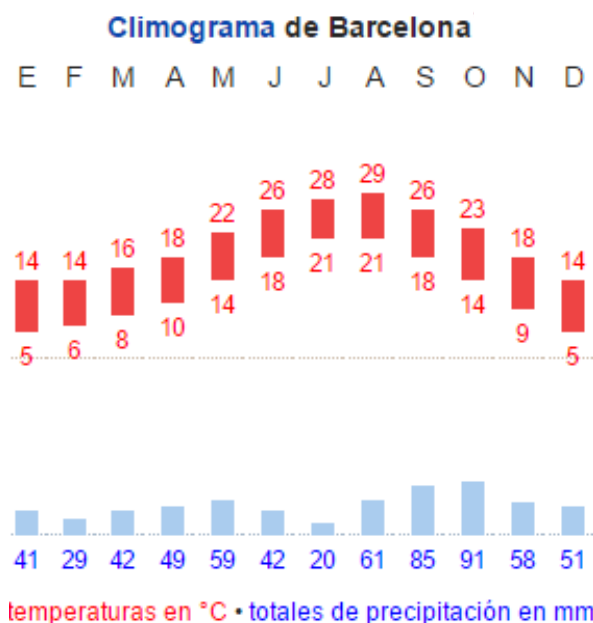


Ilustración 11: Agencia Estatal de Meteorología, ed(1971-2000). [Precipitaciones y temperaturas en la provincial de Barcelona] Recuperado en <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=0076&k=cat>

6.2.1 Precipitaciones

El clima mediterráneo está situado geográficamente en las costas occidentales de las masas continentales, entre los climas oceánico y desértico siendo realmente una combinación de ambos: en invierno predomina la componente oceánica y en verano la desértica. Las lluvias no suelen ser muy abundantes y la característica principal es que las precipitaciones no se producen en verano, por lo que su distribución es la inversa a la del clima de la zona intertropical, lo cual genera un importante estrés hídrico.

Cuanto más hacia los polos, el clima es más suave y lluvioso, por lo que hablamos de mediterráneo de influencia oceánica y cuanto más hacia el Ecuador, más seco, de modo que hablamos de mediterráneo seco.

En el caso de SEAT Martorell se habla de un clima mediterráneo típico, característico por concentrar en las estaciones intermedias las precipitaciones en lugar de en invierno, presentando dos máximos, uno más acusado en otoño y otro menor en primavera.

6.2.2 Temperaturas

Las temperaturas se caracterizan por mantener, en promedio, todos los meses por encima de los 0°C pero presentan variación estacional, hay meses fríos por debajo de los 18°C y otros más cálidos que sobrepasan los 22°C. El mediterráneo típico, Csa en la clasificación climática de Köppen, se caracteriza por veranos secos y calurosos, con temperaturas medias por encima de los 22°C e inviernos húmedos y lluviosos, con temperaturas suaves.

6.3 Estado del arte de los talleres

Es necesario conocer el estado actual de los talleres a estudiar, para saber el punto de partida de las propuestas. Los siguientes datos se han obtenido gracias al software DIALux. El taller 12 parte de una situación sin ningún tipo de claraboya, únicamente el taller tiene exutorios ciegos de chapa.

Para los supermercados NLK 8, 9 y 10, al existir exutorios translucidos, estos hacen la función de lucernarios, por tanto se estudiará la luminosidad actual en estos 3 casos.

Cabe recordar que este software es muy conservador y los valores obtenidos siempre son bastante menores a los que se obtendrían si se implantará en la realidad, por ello se dará por resultado aceptable a partir de 180 lux.

6.3.1 NLK 8

Actualmente en el NLK 8 hay instalados 17 lucernarios y, como se puede observar tanto presencialmente como en el programa de cálculo, ilustración 12 y tabla 1, no es suficiente iluminación para trabajar.

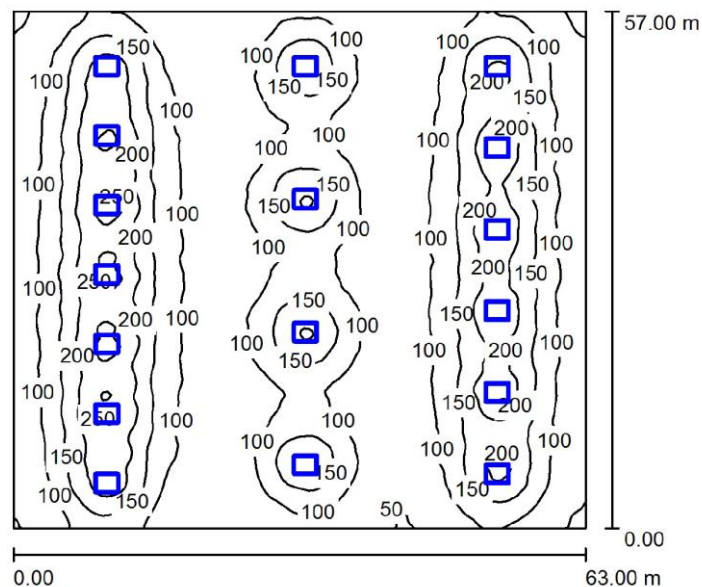


Ilustración 12: [Diagrama de la situación actual de luz diurna NLK8]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Tabla 1: [Datos de la situación actual del supermercado NLK8]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Altura del local: 8.300 m, Factor mantenimiento: 0.67

Valores en Lux, Escala 1:732

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	124	41	275	0.330
Suelo	47	122	48	247	0.397
Techo	70	52	38	71	0.737
Paredes (4)	50	68	37	138	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Escena de luz diurna pura, sin participación de luminarias.

La tabla 1 muestra unos valores en el plano útil de trabajo de intensidad lumínica alrededor de 124 lux, lo que está por debajo de los 200 lux necesarios. También se puede observar que se han introducido los valores propios del taller, como su altura y sus dimensiones. En cuanto al factor de mantenimiento, este es un parámetro marcado para talleres e indica la relación entre los valores de iluminancia que se pretenden mantener durante la vida de la instalación de alumbrado y los valores iniciales.

6.3.2 NLK 9

Actualmente en el NLK 9 hay instalados 11 lucernarios y, como se puede observar tanto presencialmente como en el programa de cálculo, ilustración 13 y tabla 2, no es suficiente iluminación para trabajar.

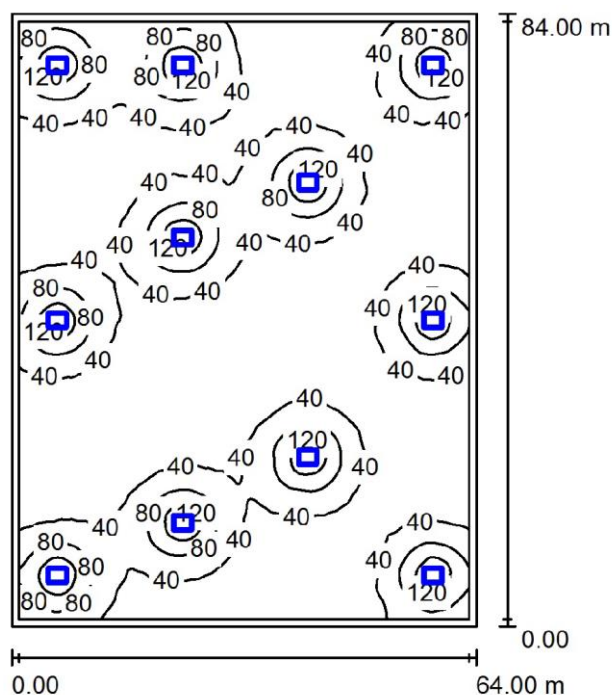


Ilustración 13: [Diagrama de la situación actual de luz diurna NLK9]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Tabla 2: [Datos de la situación actual del supermercado NLK8]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Altura del local: 8.300 m, Factor mantenimiento: 0.67

Valores en Lux, Escala 1:1079

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	46	12	163	0.262
Suelo	47	45	13	133	0.286
Techo	70	20	12	29	0.631
Paredes (4)	50	31	13	72	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 1.000 m

Escena de luz diurna pura, sin participación de luminarias.

La tabla 2 muestra unos valores en el plano útil de trabajo de intensidad lumínica alrededor de 46 lux, lo que está muy por debajo de los 200 lux necesarios aun incluyendo una zona marginal de 1 m. También se puede observar que se han introducido los valores propios del taller, como su altura y sus dimensiones.

6.3.2 NLK 10

Actualmente en el NLK 10 hay instalados 12 lucernarios que hacen función de exutorio y, como se puede observar tanto presencialmente como en el programa de cálculo, no es suficiente iluminación para trabajar. Instalando 24 lucernarios más, se obtendrían los lux necesarios para una correcta iluminación

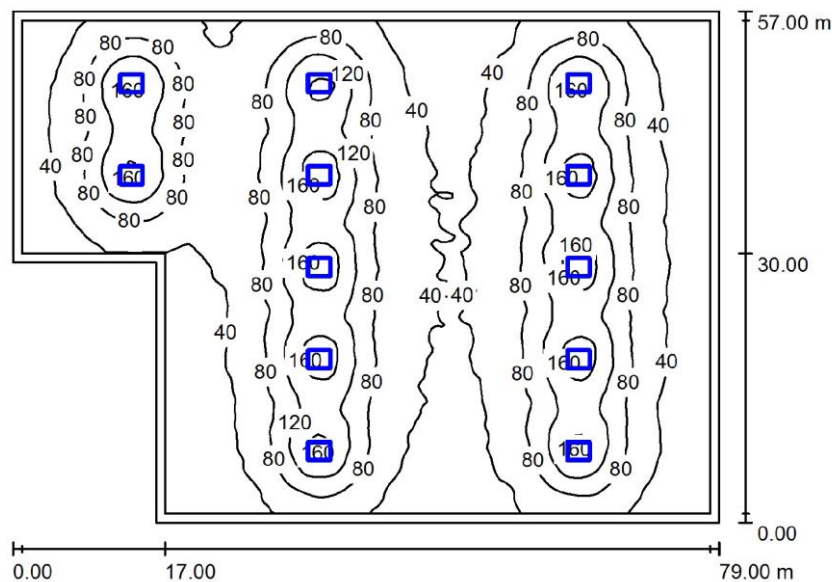


Ilustración 14: [Diagrama de la situación actual de luz diurna NLK10]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Tabla 3: [Diagrama de la situación actual de luz diurna NLK10]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Altura del local: 8.300 m, Factor mantenimiento: 0.67 Valores en Lux, Escala 1:732

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	73	14	189	0.187
Suelo	47	69	13	167	0.190
Techo	70	30	14	44	0.478
Paredes (6)	50	30	15	72	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 128 x 128 Puntos
Zona marginal: 1.000 m

Escena de luz diurna pura, sin participación de luminarias.

La tabla 3 muestra unos valores en el plano útil de trabajo de intensidad lumínica alrededor de 73 lux, lo que está muy por debajo de los 200 lux necesarios aun incluyendo una zona marginal de 1 m. También se puede observar que se han introducido los valores propios del taller, como su altura y sus dimensiones.

6.4 Problemática corporativa

SEAT pertenece al grupo Volkswagen, una de las mayores empresas mundiales en el sector de la automoción. Dentro de este grupo hay empresas tales como Audi, Bentley, Bugatti, Lamborghini, Porsche, SEAT, Sköda, Volkswagen, Scania, MAN y Ducati. Dicho grupo ha marcado como objetivos, basados en respetar el medioambiente, llegados a 2018 haber reducido un 25% con respecto a 2010, el consumo de agua, las emisiones de CO₂, la energía consumida, los residuos creados y las emisiones de disolventes.

Por tanto teniendo en cuenta dicha necesidad, se ha creído de vital importancia, tanto para conseguir una reducción en las emisiones de dióxido de carbono como para conseguir una disminución de la cantidad de energía eléctrica utilizada, buscar una solución al tema de la iluminación teniendo en cuenta la buena situación de la planta SEAT Martorell.

Si bien es cierto que para conseguir una reducción de la energía se puede mejorar o innovar algún sistema, para la reducción del dióxido de carbono, la única forma posible es empezar a utilizar fuentes regenerativas como son el aire, el agua y el Sol. Por ello, a fin de buscar la solución más optimizada, la empresa ha optado por demandar un estudio sobre iluminación natural.

También es necesario mencionar que no solo existe el objetivo medioambiental, sino que, en estos momentos de crisis, la empresa no admite ningún tipo de proyecto o modificación con un “payback” muy elevado, por lo tanto es de vital importancia ajustar

el presupuesto al máximo para poder ofrecer la solución económicamente más viable contribuyendo a la vez a ayudar al medioambiente.

Teniendo en cuenta dicha problemática, los datos claves que la empresa necesitará saber serán, el coste del proyecto, el tiempo para recuperar la inversión, la disminución de emisiones de CO₂ y la disminución del consumo eléctrico.

6.5 Normativa y reglamentación aplicable

En el anexo II se adjunta la normativa para la evaluación de la iluminación en el puesto de trabajo según SEAT. En este anexo se puede encontrar la intensidad lumínica necesaria en todas las zonas de trabajo existentes en SEAT Martorell y zona Franca.

Para tanto el taller 12 como los NLK es necesario que haya un mínimo de 200 lux. Estos datos se pueden encontrar en las tablas de talleres de montaje y almacén de recambio. En los 4 casos se está hablando de almacén con estanterías, pasillos con personas. Se debe tener presente que el software es muy conservador, por lo que a partir de 180 lux consideraremos los valores como suficientes. En el anexo II también se adjunta la normativa y los modelos de luminancias que se deben poner dependiendo de la zona de trabajo.

Además se debe tener en cuenta que según normativa se procurará mantener unos niveles y contrastes de luminancia adecuados a las exigencias visuales de la tarea, evitando variaciones bruscas de luminancias dentro de la zona de operación y entre esta y sus alrededores y se evitarán los deslumbramientos directos producidos por la luz solar o por fuentes de luz artificial de alta luminancia.

7. Principales alternativas y su desarrollo

En este apartado se pasará a detallar las alternativas que se plantean. Para ello, primero de todo se mencionarán las consideraciones a tener en cuenta y los datos técnicos del estudio y seguidamente se presentarán las propuestas de mejora de la iluminación de los talleres, tanto la distribución como la diversidad de lucernarios que se podrían utilizar.

7.1 Consideraciones y datos técnicos para el estudio de iluminación natural en la cubierta

La luz es un componente esencial en cualquier medio ambiente, hace posible la visión del entorno y además, al interactuar con los objetos y el sistema visual de los usuarios, puede modificar la apariencia del espacio, influir sobre su estética y ambientación y afectar el rendimiento visual, el estado de ánimo y la motivación de las personas. El diseño de iluminación debe comprender la naturaleza física, fisiológica y psicológica de esas interacciones. El diseño de iluminación debe definirse como la búsqueda de soluciones que permitan optimizar la relación visual entre el usuario y su medio ambiente. Esto implica obtener el mejor resultado lumínico con los menores requerimientos de energía posibles. Un sistema de iluminación eficiente es aquel que, además de satisfacer necesidades visuales y crear ambientes saludables, seguros y confortables, posibilita a los usuarios disfrutar de atmósferas agradables, evaluando todos los costos razonables que se incurren en la instalación, operación y mantenimiento del proyecto de iluminación.

El estudio se basará únicamente en la viabilidad de incorporar lucernarios, sin embargo se debe tener presente que las luminarias se deberán encender en los momentos de poca luz, es decir, noches y días muy nublados. La cantidad de luminarias encendidas necesarias dependerá de las condiciones lumínicas de ese momento, siempre teniendo en cuenta la intensidad lumínica que se deben garantizar, hechos que se salen del alcance de este proyecto.

Los parámetros a tener en cuenta son los siguientes:

Dimensiones taller

Es importante tener presente las dimensiones de la nave o marquesina a estudiar, principalmente el largo, ancho y alto así como saber si la geometría descrita por las paredes y el techo no es rectangular (arcos, cúpulas...).

Disposición de lucernarios

En todo proyecto de iluminación se debe especificar el lugar y la forma en que los lucernarios deberán ser instalados.

Plano de trabajo

El plano útil o de trabajo indica la altura respecto al suelo a la cual se realizarán las actividades dentro del local, esta altura puede ser general o local y en caso de no conocerse, el RETILAP establece que se puede considerar esta altura de 0,75 m para trabajo realizado sentado y 0,85 m para el trabajo realizado de pie.

Mantenimiento

Es importante conocer el tipo de ambiente y las condiciones de suciedad a las cuales será sometida la edificación y por ende la instalación de lucernarios.

Entrada de luz por la cubierta

Se considerará que la única luz que entra por la cubierta es la de los lucernarios sin considerar la posibilidad de que sea exutorios, dado que es la condición más desfavorable de paso de luz.

Tipo y Dimensión del lucernario

La dimensión del lucernario dependerá del modelo escogido. Tanto la dimensión como el tipo de lucernario se pasarán a detallar en el apartado 8.1.

Suelo

Se considera de mortero claro.

Altura de montaje

Viene definida por la altura del taller o marquesina, dado que van incrustados a techo.

Tipo de recinto y actividad

Es necesario conocer el tipo de recinto y la actividad que se realiza en él, ya que dependiendo de esto se establecerá un nivel de iluminancia promedio con el que debe contar la edificación. En la tabla 2 quedan establecidos los niveles de iluminancia promedio local y general que se deben garantizar en la edificación.

7.2 Alternativas

Por un lado se deben estudiar las diferentes alternativas de lucernarios que se ofrece, por otro lado se simulará y computará la propuesta hecha por el proveedor y se planteará una nueva más optimizada.

Por motivos de normativa de la empresa, el único proveedor al que se le ha pedido presupuesto es a Prefire, ya que es el único con autorización para poder hacer este tipo de modificaciones dentro la fábrica.

7.2.1 Lucernarios

Dentro de los productos homologados y que pueda instalar el proveedor, se pueden encontrar dos categorías de claraboyas, ya que la función de exutorio queda fuera del alcance del proyecto porque dispararía el presupuesto y los talleres ya cuentan con ellos.

Claraboyas de vidrio

- Arquitectura del vidrio CI-System para grandes lucernarios serie KWS-60
- Arquitectura del vidrio CI-System de forma piramidal serie F
- Claraboya CI-System con cúpula de vidrio serie F-100 con eficiencia energética y diseño

Claraboyas de material plástico

- Lucernario continuo CI-System con aislamiento térmico perfecto serie B
- Claraboya CI-System con eficiencia energética serie F-100

Los detalles y especificaciones de cada uno de ellos se pueden encontrar en la bibliografía. Teniendo en cuenta dicha información, la visita a la exposición de Prefire y el apartado 7.1, el uso de material plástico es la mejor opción. Por una parte en tema mantenimiento y limpieza el material plástico es mucho más fácil de mantener, por otra parte el tipo de actividad que se realiza no necesita que las claraboyas tengan un diseño, como ofrecen los lucernarios de vidrio. Tampoco es adecuado el ruido que el impacto del agua con el vidrio pueda provocar, la no opacidad del lucernario y la posible molestia del sol incidiendo directo tanto en los objetos como en el personal. Otro factor es la posibilidad de que el vidrio se pueda romper y provocar un accidente.

De entre los dos tipos de lucernarios escogidos, se ha observado que para los supermercados, debido a su tamaño relativamente reducido, la claraboya más adecuada es la F-100, ya que el peso es menor y lo que se necesita es repartir los lucernarios para homogeneizar la intensidad lumínica, en cambio para el taller 12, el lucernario serie B sería perfecto debido a la gran extensión del taller, de esta manera se reducirían el número de agujeros necesarios a hacer, que siempre pueden suponer un riesgo y una pequeña pérdida de aislamiento.

7.2.2 Propuestas

Una vez escogidos los tipos de lucernarios, se ha pedido al proveedor que proporcionará unos presupuestos, anexo I, además también ha ofrecido un estudio energético de los 3 supermercados.

Por otra parte, después de simular dichas propuestas, anexo IV, se ha decidido que podría existir una propuesta más optimizada, por tanto se ha utilizado el software para poder llegar a una solución más viable.

Propuesta del proveedor

Una vez recibidos los presupuestos, se pasó a simular en DIALux las 4 propuestas. Como se puede observar en el anexo IV.II, en el caso del taller 12, el techo es de chapa simple y la dirección de instalación de los lucernarios es clara (el costado mayor del lucernario paralelo al costado mayor del taller). Sin embargo para los supermercados, el proveedor no ha especificado la orientación, vertical u horizontal, más eficiente para la instalación de los lucernarios. Teniendo en cuenta que todos los supermercados están situados de la misma manera, para poder seguir unos parámetros, se escoge el supermercado NLK 9 para hacer diversas pruebas de forma y posicionamiento de los lucernarios con motivo de averiguar la mejor posición en los supermercados (la cubierta es DECK y es posible instalarlos en las dos posiciones).

Una vez simulado el taller 9, se observa que el posicionamiento del lucernario no afecta a la iluminación natural. También se observa que en todos los talleres la cantidad de lucernarios presupuestos son excesivos, por una parte el techo no soportaría tal cantidad, por otra el interior de los almacenes pasaría a ser como un invernadero, además la intensidad lumínica ofrecida de esta manera es excesiva y el presupuesto se dispara de forma estrepitosa.

A continuación se muestra los diagramas de isolíneas de los 4 talleres donde se muestra la intensidad lumínica así como el coeficiente de luz diurna. En el anexo IV.II se pueden encontrar también diagramas de gama de grises, gráficos de valores, posición de los objetos...con sus respectivas tablas y toda la información obtenida tras la computación. Se ha creído de vital importancia mostrar en la memoria las isolíneas de dicha computación para hacer visible los problemas que comportaría llevar a cabo dicha modificación de la manera que pauta el proveedor.

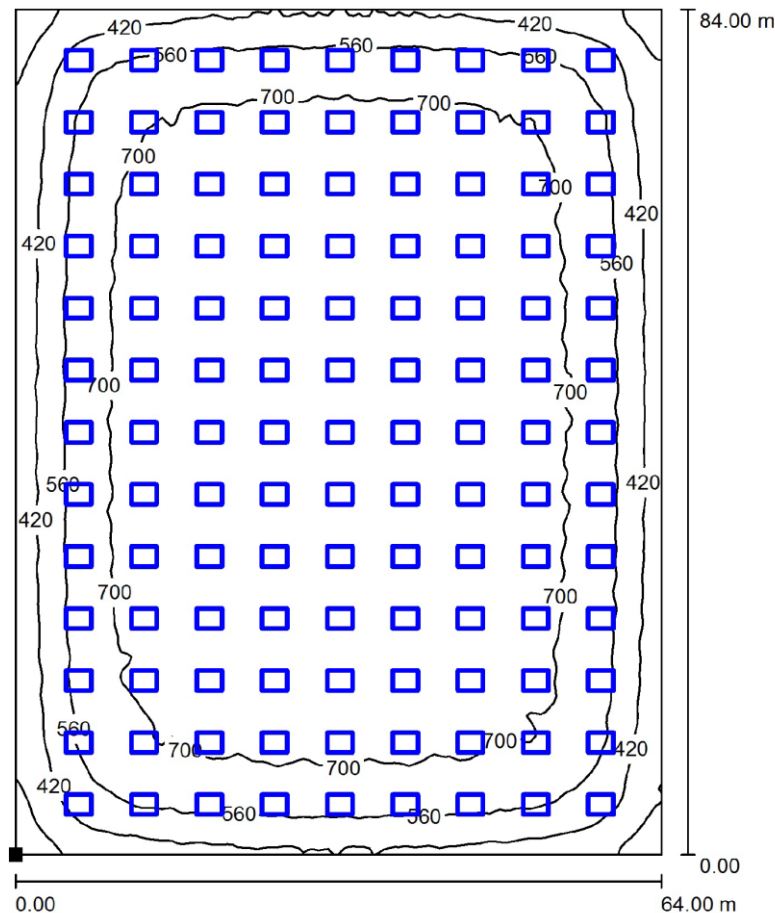


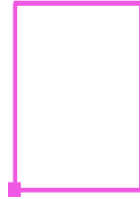
Ilustración 15: [NLK9, diagrama de isolíneas de intensidad lumínica, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

En la ilustración 15 y en la tabla 4 se puede observar como la intensidad lumínica ronda los 650 lux de media, con hasta lugares del taller con 845 lux. Estos valores desorbitados provocarían deslumbramientos al personal, incomodidad al trabajar y posible daño del material que se almacene. Además estructuralmente, la cantidad de peso incluido sería bastante elevado. En cuanto a los datos ofrecidos en la tabla 5 y en la ilustración 16, el coeficiente de luz diurna ronda el 4%. Tanto la ilustración 15 como la 16 muestran además con las isolíneas, que la repartición tanto de los valores del coeficiente de luz diurna como de la intensidad lumínica es bastante uniforme, y que los vales mínimos son debidos a las esquinas de la nave, zonas donde no será necesario gran aporte de luz, puesto que no será perímetro donde se trabaje.

Tabla 4: [NLK9, tabla de resultados de intensidad lumínica, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)

Valores en Lux, Escala 1 : 657



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
655	183	845	0.280	0.217

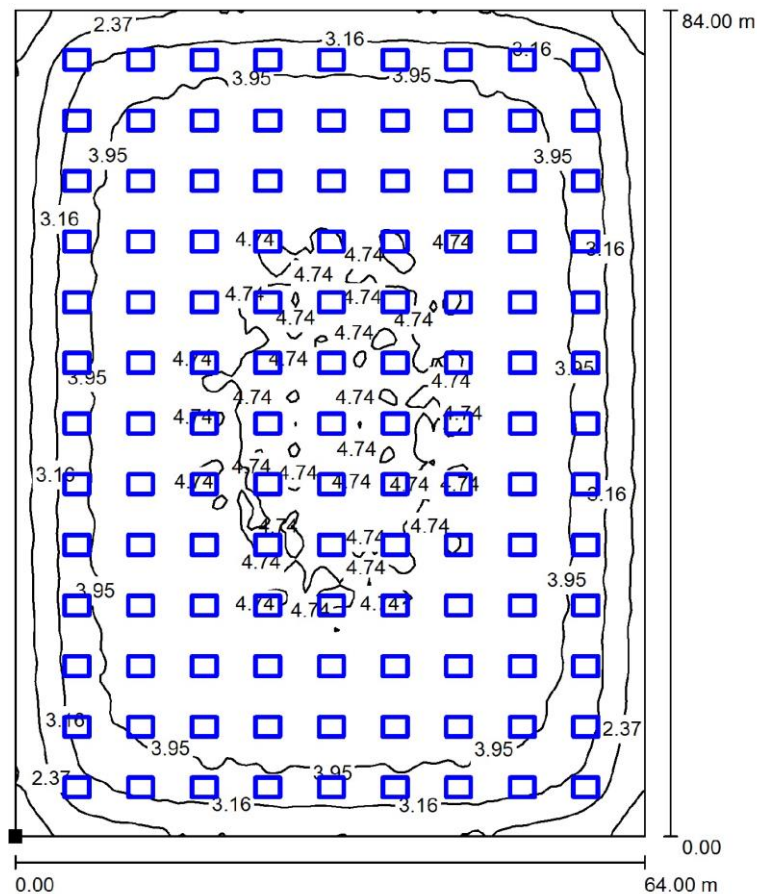


Ilustración 16: [NLK9, diagrama de isóneas del coeficiente de luz diurna, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

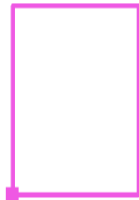
Tabla 5: [NLK9, tabla de resultados del coeficiente de luz diurna, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en el local:

Punto marcado:

(0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

D_m [%]	D_{min} [%]	D_{max} [%]	D_{min} / D_m	D_{min} / D_{max}
3.90	1.09	5.03	0.280	0.217

Intensidad lumínica horizontal al aire libre E_e : 16782 lx

En cuanto a la intensidad lumínica horizontal al aire libre, indica el promedio de las intensidades luminosas de un haz de luz en todas las direcciones en un plano horizontal.

En relación a la ilustración 17 y 18, se puede observar lo mismo que en el caso de la ilustración 15 y 16. La intensidad lumínica vuelve a ser máxima en el centro y mínima en las esquinas, aunque en este caso específico en el centro se concentra una mayor cantidad de luxes, cosa que en la ilustración 16 era más uniforme. En cuanto al coeficiente de luz diurna el resultado obtenido ronda el 4% también con mayor cantidad en la parte central y menor en las esquinas.

Si se observan las tablas 6 y 7, se observan valores medios de intensidad lumínica muy elevados rondando, como en el caso anterior, los 650 luxes.

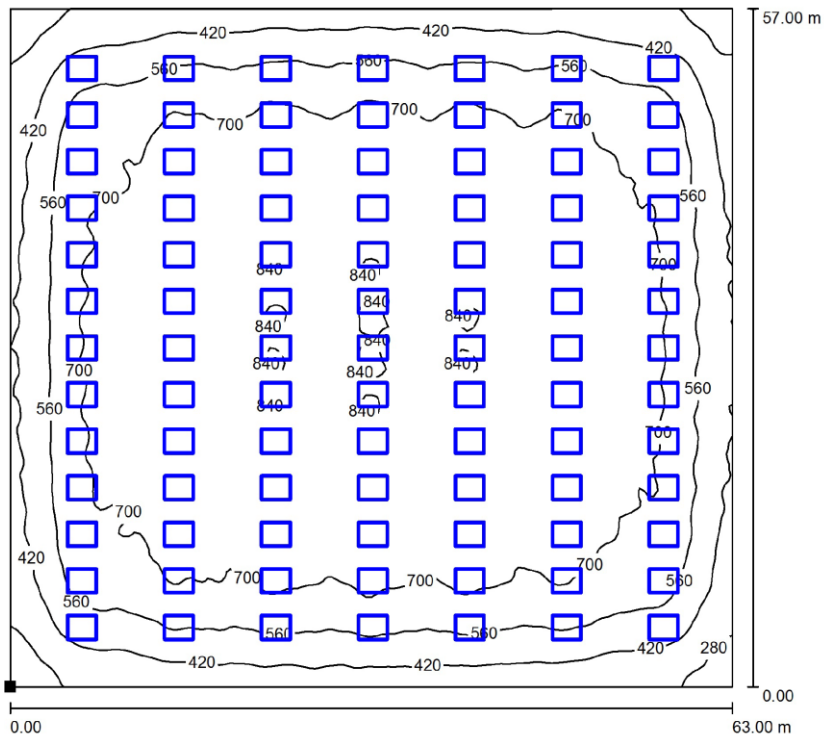


Ilustración 17: [NLK8, diagrama de isolíneas de intensidad lumínica, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Tabla 6: [NLK8, tabla de resultados de intensidad lumínica, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

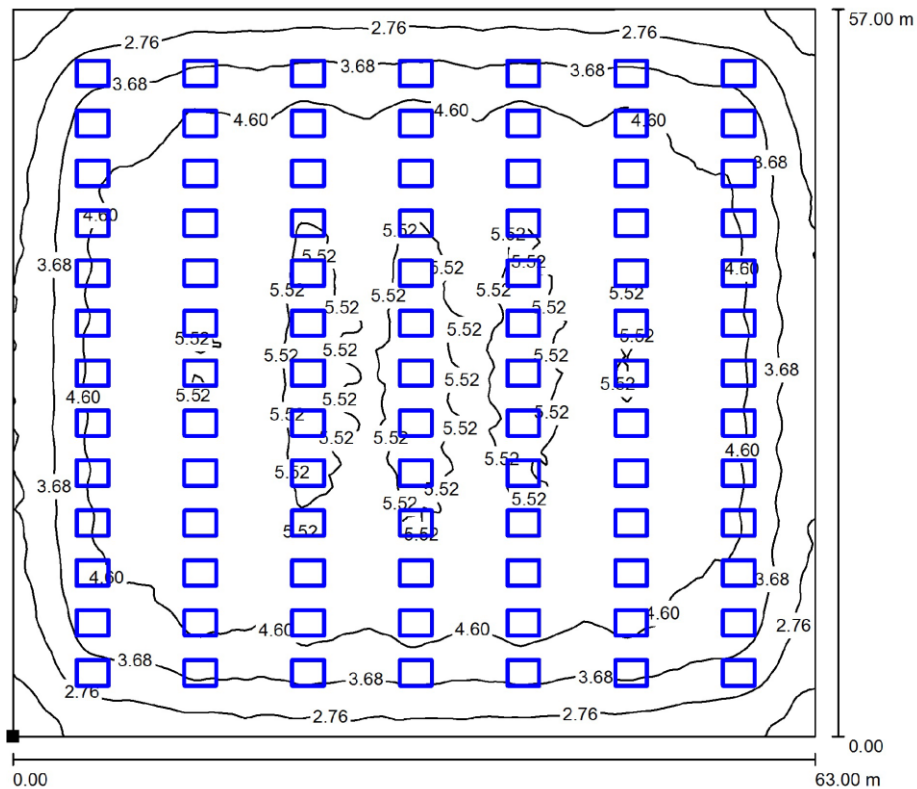
Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Valores en Lux, Escala 1 : 451

Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
651	193	873	0.297	0.221



Il·lustració 18: [NLK8, diagrama de isòlines del coeficient de luz diurna, proposta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Tabla 7: [NLK8, tabla de resultados del coeficiente de luz diurna, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Escala 1 : 451

Trama: 128 x 128 Puntos

D_m [%]
 4.40

D_{min} [%]
 1.31

D_{max} [%]
 5.90

D_{min} / D_m
 0.297

D_{min} / D_{max}
 0.221

Intensidad lumínica horizontal al aire libre E_g : 14790 lx

En la ilustración 19 se puede observar que en el centro se vuelve a concentrar la máxima intensidad lumínica y que en las esquinas están los valores con mínima intensidad. En comparación con los otros 2 supermercados, este no tiene un aspecto rectangular o cuadrado, por ello la repartición difiere un poco de la simetría de los otros dos casos (se puede observar como en la parte izquierda baja del taller, la esquina tiene una iluminación de unos 600 lux). Este hecho se debe a que la repartición equitativa de los lucernarios no es posible.

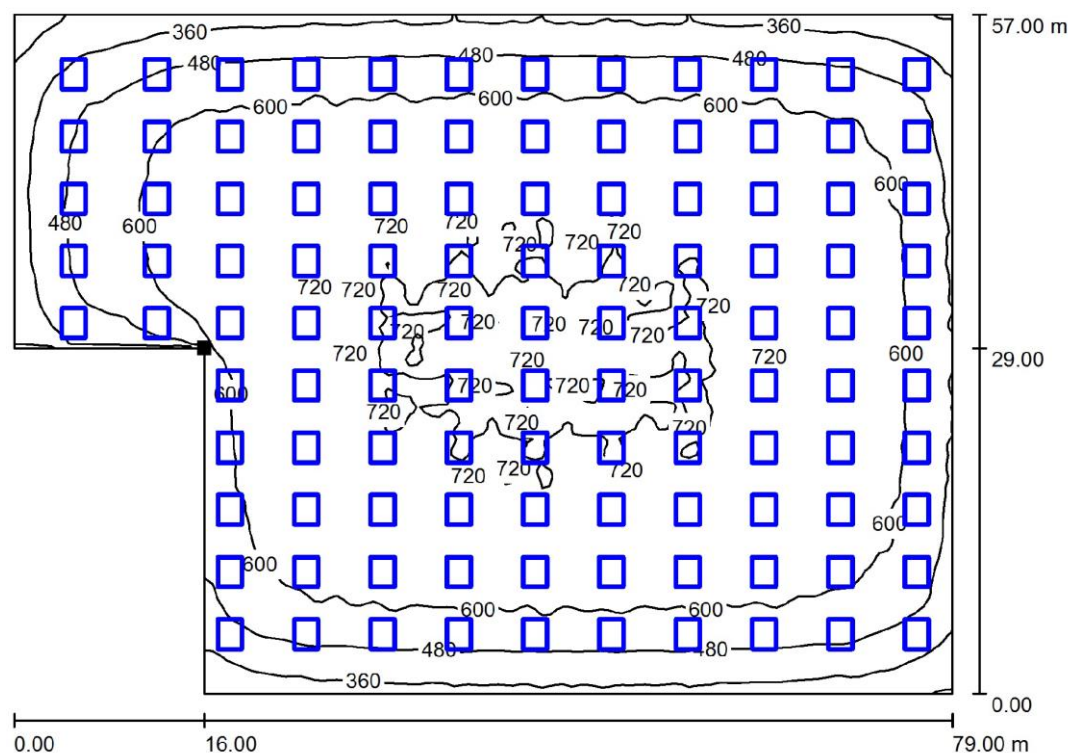


Ilustración 19: [NLK10, diagrama de isótopos de intensidad lumínica, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

En cuanto a la tabla 8, se observa un valor de intensidad lumínica media de unos 600 lux, un poco menor que en los otros dos casos, la intensidad lumínica máxima también es menor.

Tabla 8: [NLK10, tabla de resultados de intensidad lumínica, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (0.000 m, 29.000 m, 0.850 m)



Valores en Lux, Escala 1 : 565

Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
598	184	762	0.308	0.241

Observando la ilustración 20, los resultados son bastante similares a los otros supermercados, en el centro se encuentran los valores mayores de coeficiente de luz diurna. La tabla 9 muestra valores de alrededor del 4% de coeficiente medio de luz diurna.

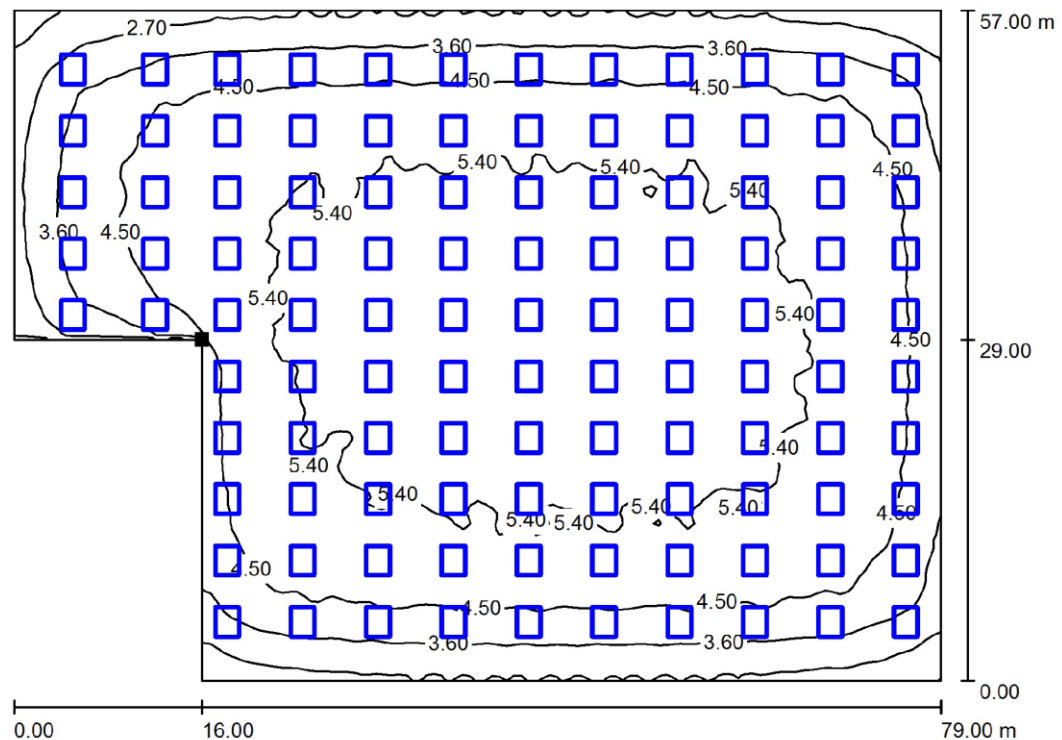
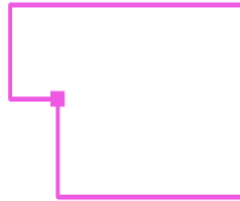


Ilustración 20: [NLK10, diagrama de isolíneas del coeficiente de luz diurna, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Tabla 9. [NLK10, tabla de resultados del coeficiente de luz diurna, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Escala 1 : 565

Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (0.000 m, 29.000 m, 0.850 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

D_m [%]	D_{min} [%]	D_{max} [%]	D_{min} / D_m	D_{min} / D_{max}
4.68	1.44	5.96	0.308	0.241

Intensidad lumínica horizontal al aire libre E_e : 12779 lx

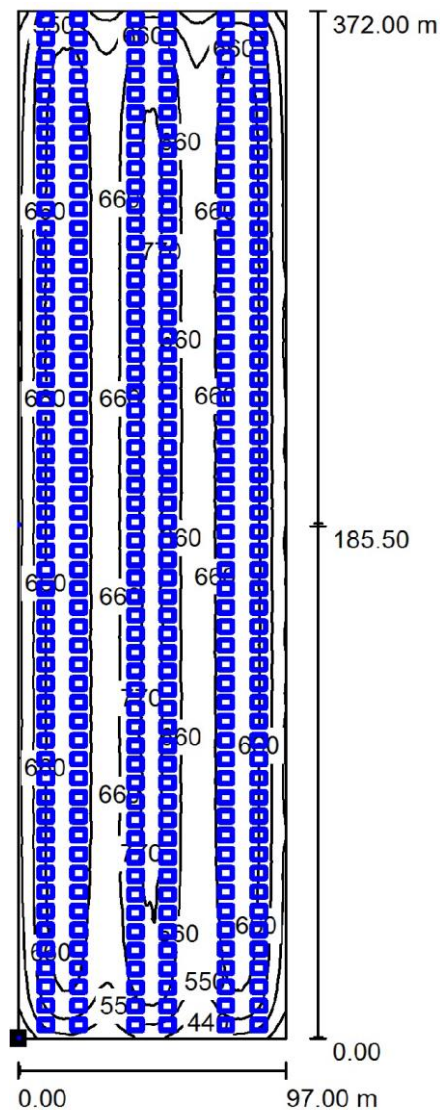


Ilustración 21: [T12, diagrama de isóneas de intensidad lumínica, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Tabla 10: [T12, tabla de resultados de intensidad lumínica, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Valores en Lux, Escala 1 : 2910

Situación de la superficie en el local:

Punto marcado:

(0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
644	253	801	0.392	0.315

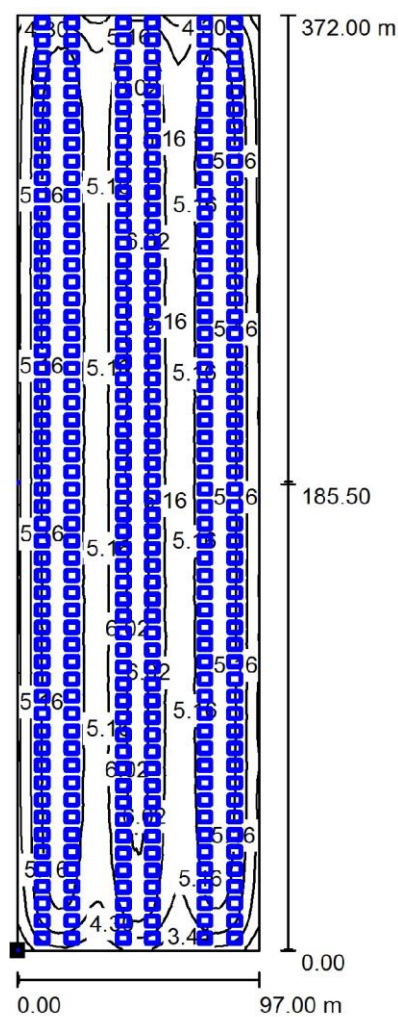
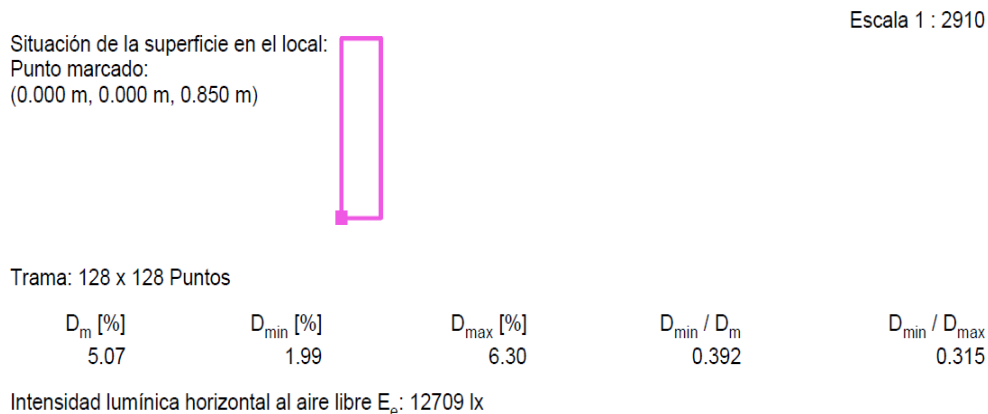


Ilustración 22: [T12, diagrama de isolíneas del coeficiente de luz diurna, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Tabla 11: [T12, tabla de resultados del coeficiente de luz diurna, propuesta Prefire]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux



Observando el taller 12 en las ilustraciones 21 y 22, la distribución de los lucernarios debe de ser diferente debido a las aguas de la cubierta. La intensidad lumínica media ronda los 650 lux, mientras que el coeficiente de luz diurna esta sobre el 5%, como se puede observar en las tablas 10 y 11. En las ilustraciones 21 y 22 se observa que en este caso, debido a la distribución especial, los máximos niveles no están en el centro, sino en las filas de lucernarios.

Propuesta propia

Debido a la imposibilidad de la estructura de aguantar tales cantidades de lucernarios, a que económicamente es inviable debido al alto presupuesto, a que el número de lux obtenidos con los cálculos es excesivo y a que tal cantidad de claraboyas comprometería el aislamiento de los talleres y la comodidad d los empleados pudiendo llegar a deslumbrarlos; a continuación se proponen diversos modelos más ajustados a las necesidades y al presupuesto.

Para los supermercados NLK 8, 9 y 10, al existir lucernarios, una vez estudiada la luminosidad actual, se propondrá una mejora.

Cabe recordar que este software es muy conservador y los valores obtenidos siempre son bastante menores a los que se obtendrían si se implantará en la realidad, por ello se dará por resultado aceptable a partir de 180 lux.

Después de obtener diversos resultados en la computación, siempre siguiendo las premisas demandadas, se ha llegado a una propuesta lo más optimizada posible. En el anexo IV.III se muestran todos los diagramas obtenidos en la computación y sus respectivas tablas, sin embargo por el mismo motivo detallado anteriormente, se pasa a mostrar los diagramas de isolíneas y sus respectivas tablas. También se muestra la tabla de luminancia, puesto que es un resultado importante si se va a tomar en cuenta esta propuesta.

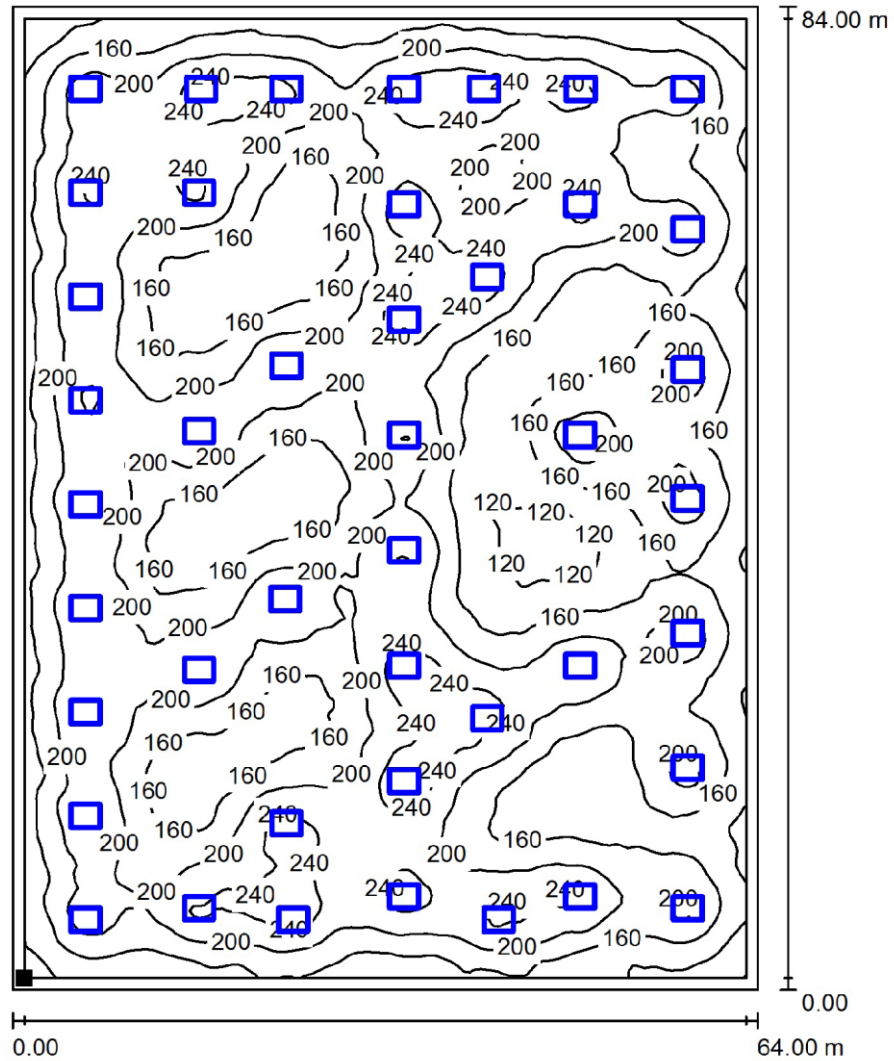
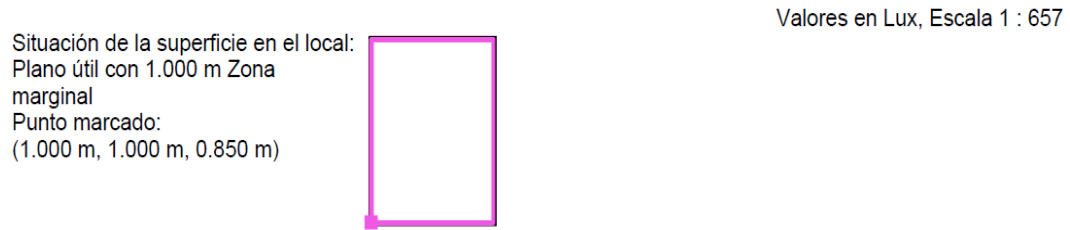


Ilustración 23: [NLK9, diagrama de isolíneas de intensidad lumínica, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Las ilustraciones 23 y 24 muestran una distribución del coeficiente de luz diurna y de intensidad lumínica un poco diferente a la otra propuesta. La repartición es más uniforme y menos centralizada. En cuanto a la tabla 12, se puede ver una intensidad lumínica media de 187 lux, en la tabla 13 un coeficiente de luz diurna medio de 1,5% aproximadamente. La tabla 14 muestra los valores de luminancia, un parámetro que se define como la densidad angular y superficial de flujo luminoso que emerge, atraviesa o incide en una superficie en una dirección determinada, en el taller NLK9 es de 27 cd/m^2 .

Tabla 12: [NLK9, tabla de resultados de intensidad lumínica, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
187	80	277	0.428	0.289

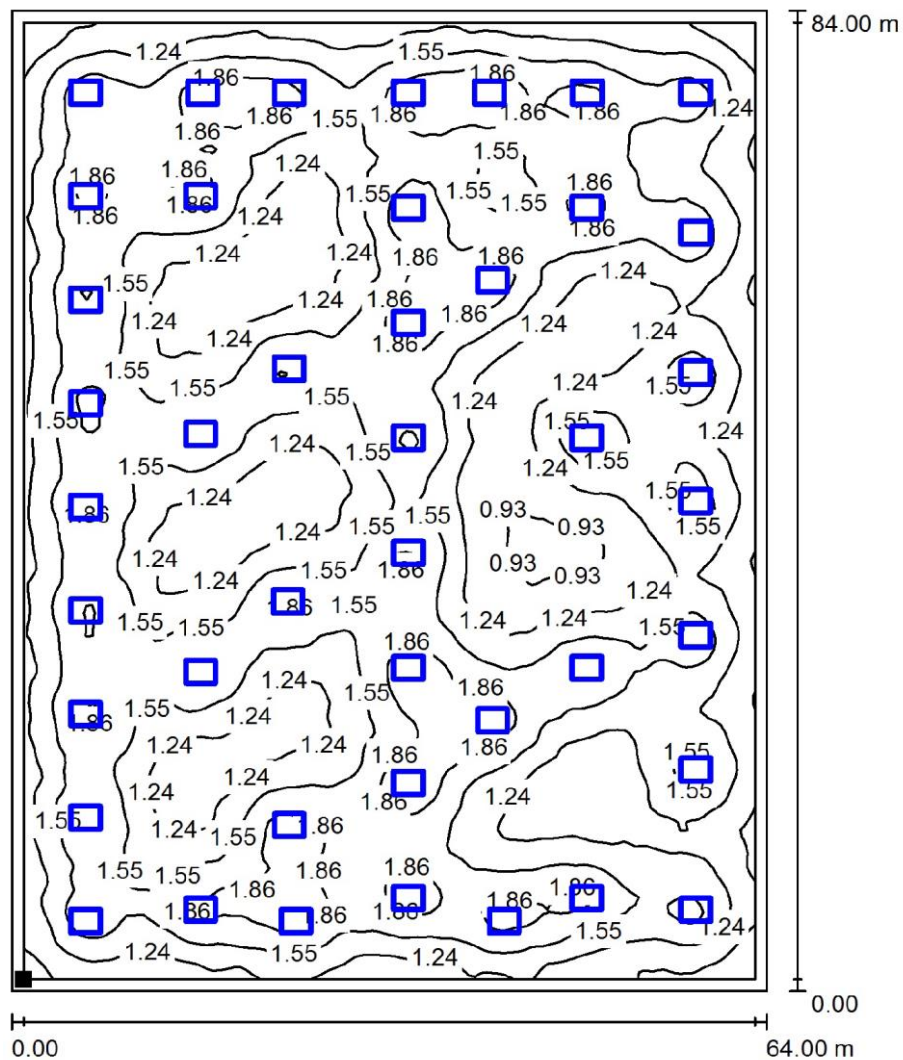


Ilustración 24: [NLK9, diagrama de isolíneas del coeficiente de luz diurna, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Tabla 13: [NLK9, tabla de resultados del coeficiente de luz diurna, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

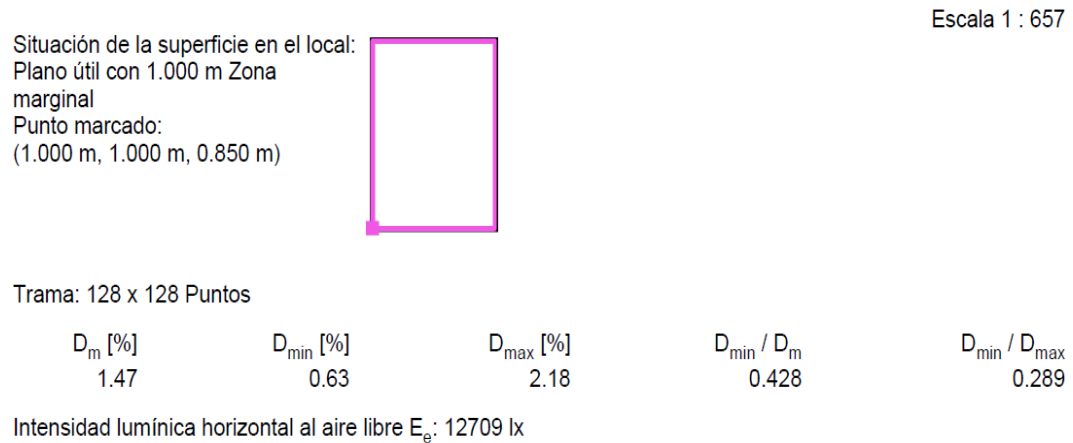
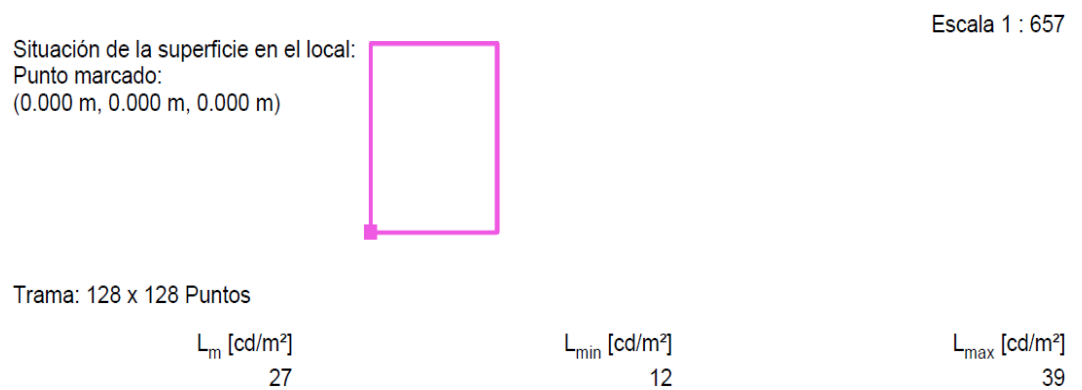


Tabla 14: [NLK9, tabla de resultados de luminancia, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux



En las ilustraciones 25 y 26 se puede ver como las isolíneas de intensidad lumínica y coeficiente de luz diurna no tienen la misma distribución que en la propuesta del proveedor, puesto que se ha buscado una distribución más eficiente.

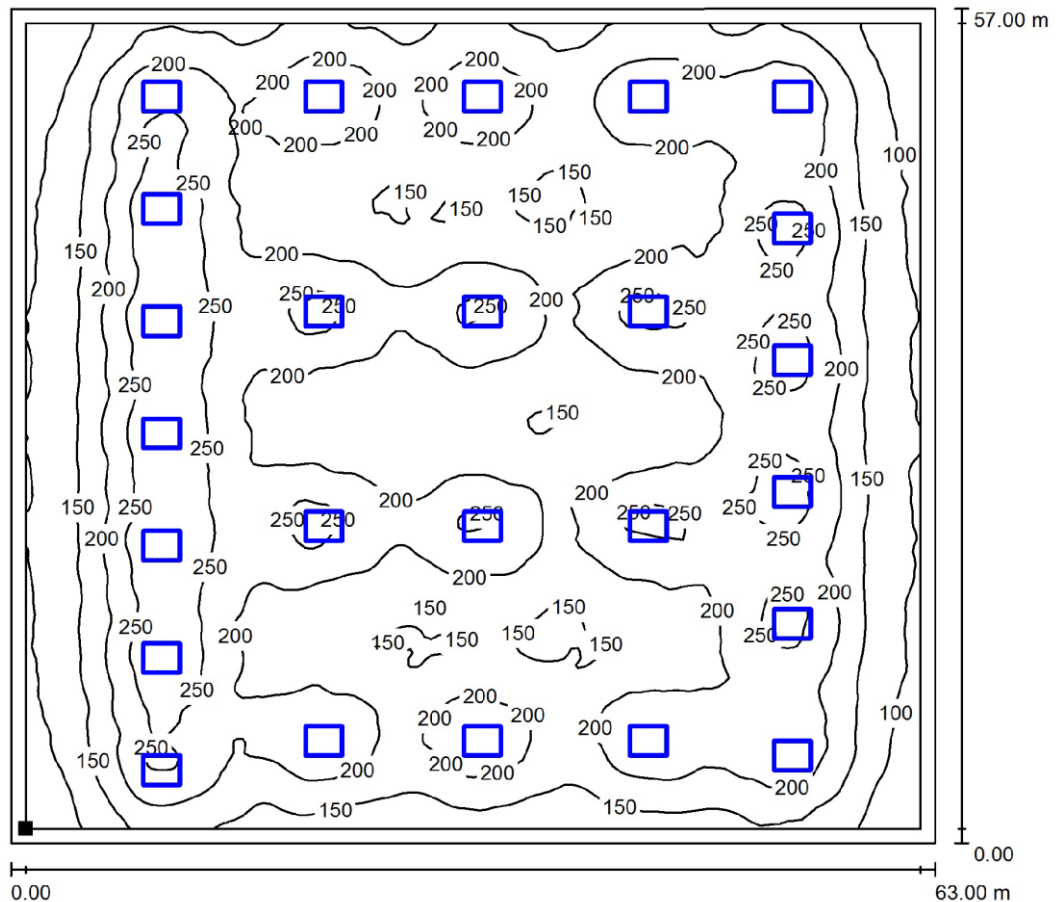


Ilustración 25: [NLK8, diagrama de isolíneas de intensidad lumínica, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Tabla 15: [NLK8, tabla de resultados de intensidad lumínica, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Valores en Lux, Escala 1 : 451

Situación de la superficie en el local:
Plano útil con 1.000 m Zona
marginal
Punto marcado:
(1.000 m, 1.000 m, 0.850 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
190	59	301	0.313	0.198

En cuanto a la tabla 15, se puede observar como se muestran valores de 190 luxes de media, lo que implica que se cumpliría la norma establecida. Por otra parte aquellos lugares con menos intensidad lumínica son las esquinas, lugares donde no se necesita dicha cantidad de luz.

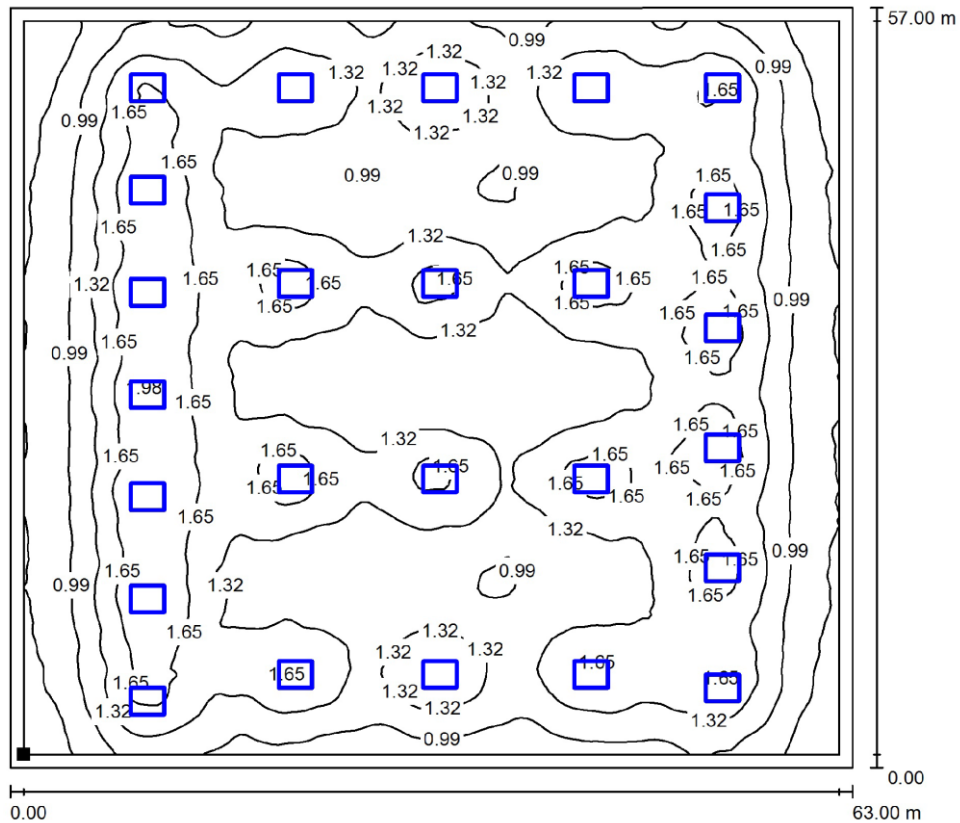
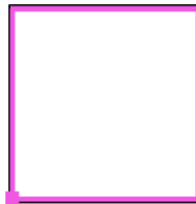


Ilustración 26: [NLK8, diagrama de isolíneas del coeficiente de luz diurna, propuesta optimizada].
 Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Tabla 16: [NLK8, tabla de resultados del coeficiente de luz diurna, propuesta optimizada]. Recuperado de los
 resultados obtenidos con el software DIALux

Escala 1 : 451

Situación de la superficie en el local:
 Plano útil con 1.000 m Zona
 marginal
 Punto marcado:
 (1.000 m, 1.000 m, 0.850 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

D_m [%]	D_{min} [%]	D_{max} [%]	D_{min} / D_m	D_{min} / D_{max}
1.28	0.40	2.03	0.313	0.198

Intensidad lumínica horizontal al aire libre E_o : 14790 lx

La tabla 16 y 17 ofrecen los valores coeficiente diurno y de luminancia, dichos valores
 vuelven a rondar el 1,5% y 27cd/m².

Tabla 17: [NLK8, tabla de resultados de luminancia, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Valores en Candela/m², Escala 1 : 451

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

L_m [cd/m²]
 27

L_{min} [cd/m²]
 8.61

L_{max} [cd/m²]
 42

En lo que al taller 10 se refiere, la ilustración 27 y 28 vuelven a mostrar unos valores repartidos de forma más equitativa, sin concentración en el centro. La tabla 19, 20 y 21 siguen mostrando unos resultados medios del orden de los otros dos talleres.

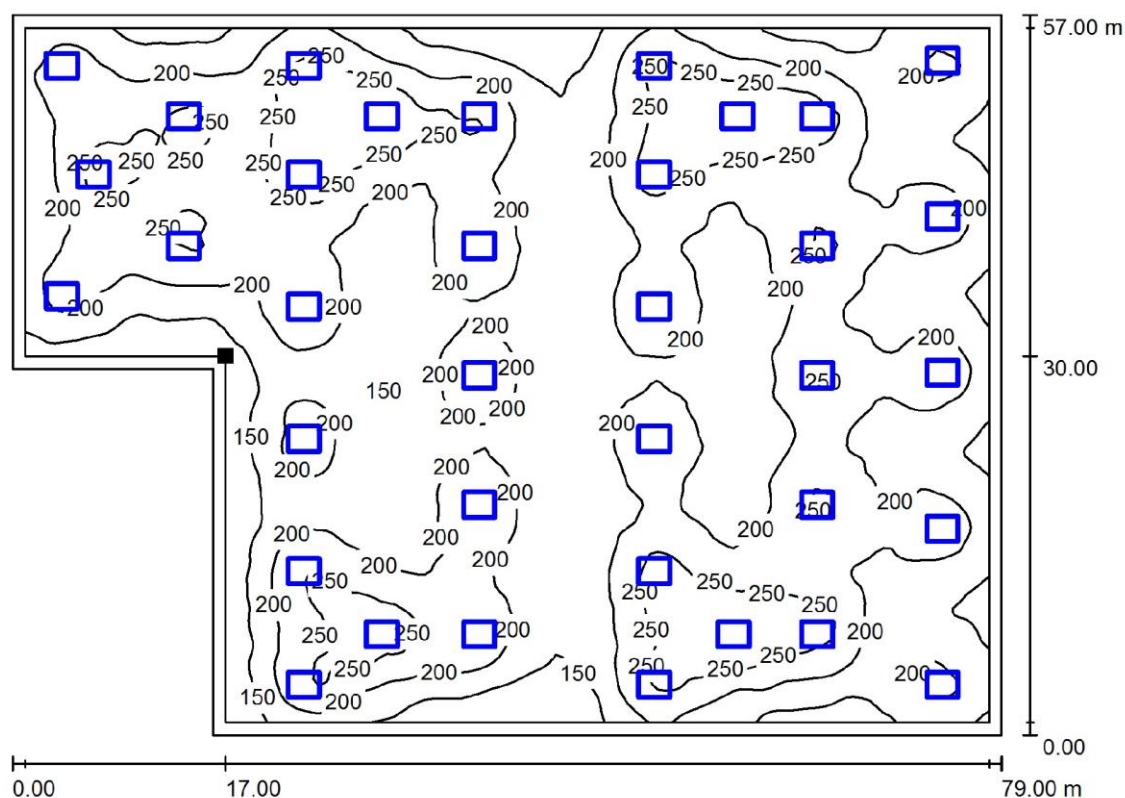
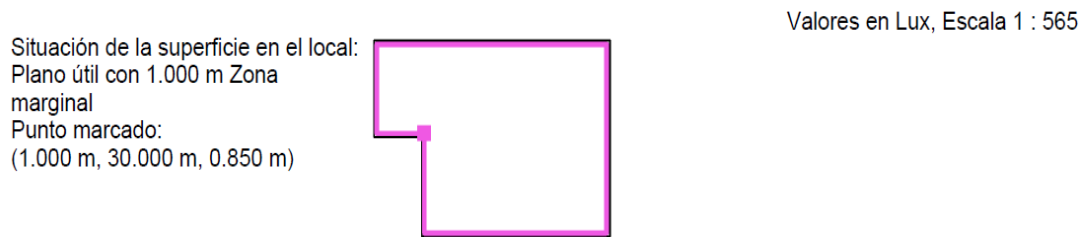


Ilustración 27: [NLK10, diagrama de isótopas de intensidad lumínica, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Tabla 18: [NLK10, tabla de resultados de intensidad lumínica, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
201	104	313	0.515	0.331

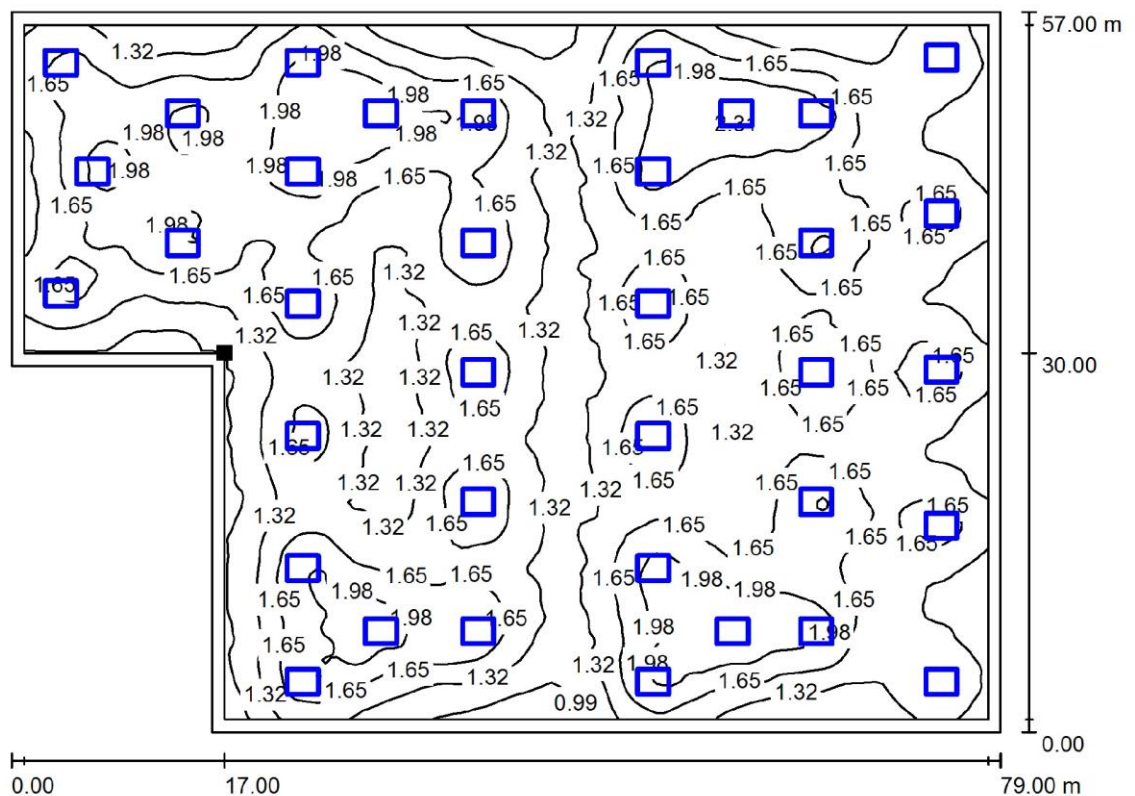
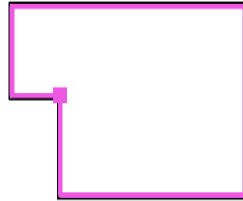


Ilustración 28: [NLK10, diagrama de isolíneas del coeficiente de luz diurna, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Tabla 19: [NLK10, tabla de resultados del coeficiente de luz diurna, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Escala 1 : 565

Situación de la superficie en el local:
 Plano útil con 1.000 m Zona
 marginal
 Punto marcado:
 (1.000 m, 30.000 m, 0.850 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

D_m [%]	D_{min} [%]	D_{max} [%]	D_{min} / D_m	D_{min} / D_{max}
1.57	0.81	2.45	0.515	0.331

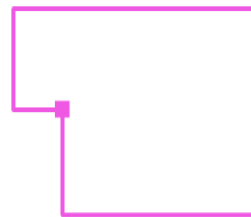
Intensidad lumínica horizontal al aire libre E_g : 12779 lx

Tabla 20: [NLK10, tabla de resultados de luminancia, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Valores en Candela/m², Escala 1 : 565

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (0.000 m, 29.000 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

L_m [cd/m ²]	L_{min} [cd/m ²]	L_{max} [cd/m ²]
29	15	44

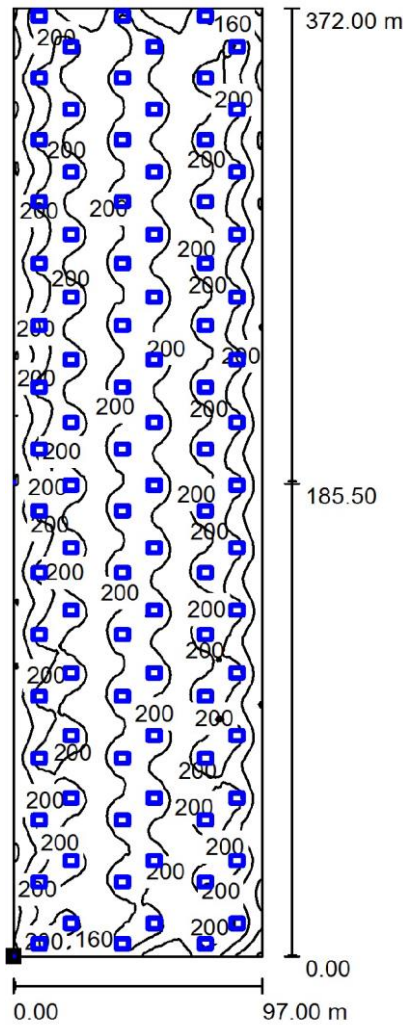


Ilustración 29: [T12, diagrama de isolíneas de intensidad lumínica, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

En lo que a la ilustración 29 y 30 muestran, se puede decir que la repartición en estos casos es muy igualitaria, teniendo casi todos los puntos con la misma intensidad lumínica y unos valores medios mostrados en las tablas 21, 22 y 23 del orden de los otros 3 casos.

Tabla 21: [TI2, tabla de resultados de intensidad lumínica, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Situación de la superficie en el local:
Punto marcado:
(0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)

Valores en Lux, Escala 1 : 2910



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
191	75	247	0.393	0.304

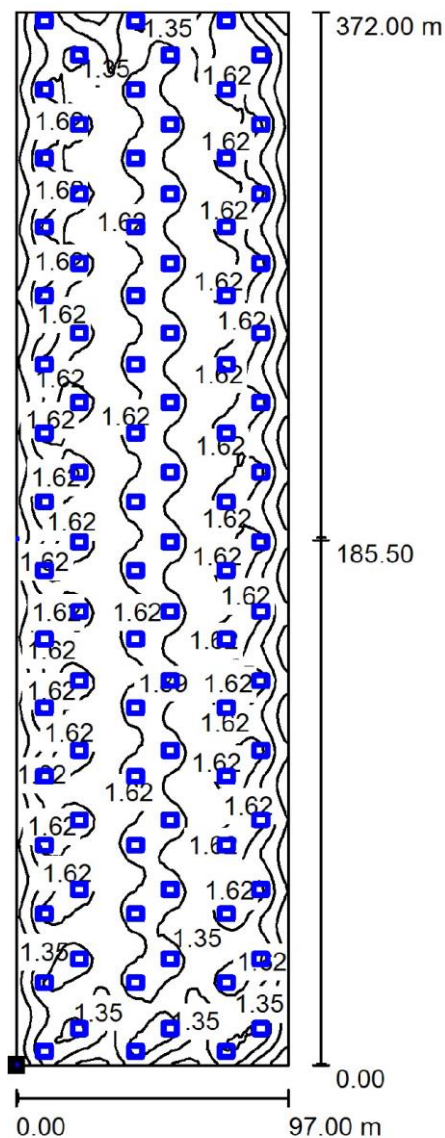


Ilustración 30: [T12, diagrama de isolíneas del coeficiente de luz diurna, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Tabla 22: [T12, tabla de resultados del coeficiente de luz diurna, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux

Escala 1 : 2910

Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (0.000 m, 0.000 m, 0.850 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

D_m [%]
 1.50

D_{min} [%]
 0.59

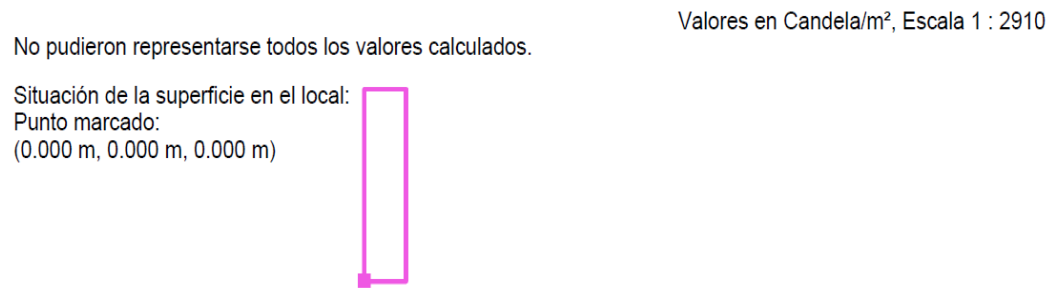
D_{max} [%]
 1.94

D_{min} / D_m
 0.393

D_{min} / D_{max}
 0.304

Intensidad lumínica horizontal al aire libre E_o : 12709 lx

Tabla 23: [T12, tabla de resultados de luminancia, propuesta optimizada]. Recuperado de los resultados obtenidos con el software DIALux



Trama: 128 x 128 Puntos

L_m [cd/m²]
 28

L_{min} [cd/m²]
 13

L_{max} [cd/m²]
 36

8. Solución escogida

En este apartado se detallará la solución escogida, tanto en el tema de lucernarios como en la propuesta. También se pasaran a detallar ciertos motivos de la elección propuesta. Primeramente se detallaran los dos lucernarios escogidos, y seguidamente se dará paso a la explicación de los motivos de haber escogido la propuesta optimizada.

8.1 Descripción de los lucernarios escogidos

8.1.1 Introducción: Valores UG-UT(Uw)

La conductividad térmica del material es la cantidad de calor o frío que se cambia, a través de 1m^2 de cerramiento durante una hora, cuando entre el exterior hay una diferencia de temperatura de 1K respecto el interior. Así pues, cuando menor sea el valor, mayor será la capacidad de aislamiento del material. La conductividad se expresa en vatios por metro cuadrado y kelvin ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$), y puede hacer referencia a valores k (designa el valor de transmisión térmica del material) y U (designa la suma de la transmisión térmica de todos los materiales involucrados).

Para reducir la pérdida de calor de las naves, se deben conseguir valores U lo más bajos posibles en superficies que dividen zonas cálidas y frías. Elegir en función de estos parámetros ahorra gastos de mantenimiento del edificio o nave y ayuda al medio ambiente reduciendo la dependencia en hidrocarburos.

La reducción del valor U en $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ lleva a un ahorro aproximado de 2 litros de combustible para calefacción por m^2 y año; y 1,19 litros de combustible evita la emisión de 3,13 kg de CO_2 .

8.1.2 Claraboya F-100 de CI-System

8.1.2.1 Estructura

La claraboya F-100 de CI-System es un equipo para montar en tejados planos o ligeramente inclinados, que dispone de las siguientes funciones según su equipamiento:



Ilustración 31: Lamilux. [Claraboya F-100].
Recuperado de
<http://www.arquitecturadelvidrio.com/catalogs/Exutorio-F-100.pdf>

- Iluminación de interiores
- Protección solar/térmica
- Aislamiento térmico
- Aislamiento acústico
- Auto-limpiante
- Protección anti-caídas
- Ventilación natural

Este lucernario, que se muestra en la ilustración 31, está formado por una cúpula (con acristalamiento y marco perimetral) y un zócalo.

Acristalamiento

La cúpula está formada por una doble capa de PETG (copoliéster de polietilentereftalato de glicol) donde una capa es translúcida y la otra transparente. Está ensamblada en un marco perimetral de PVC sin tornillería para evitar roturas del plástico. El sistema de sellado es doble con varios niveles para conseguir un aumento de la estanqueidad del sistema, una correcta protección acústica y un buen aislamiento térmico. En la tabla 24 se muestran los datos técnicos de la cúpula de doble capa, datos que han sido decisivos para la elección de la cúpula. La ilustración 32 da una visión del tipo de acristalamiento que esta cúpula ofrece.

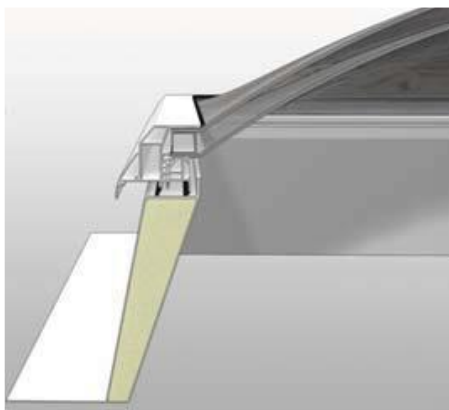


Ilustración 32: Lamilux. [Perfil de la claraboya F-100]. Recuperado de <http://www.arquitecturadelvidrio.com/catalogs/Exutorio-F-100.pdf>

Tabla 24: Lamilux. [Datos técnicos de la cúpula]. Recuperado de <http://www.arquitecturadelvidrio.com/catalogs/Exutorio-F-100.pdf>

Datos técnicos	
Valor de aislamiento térmico acristalamiento (U_g)	$U_g=2,6W/(m^2 \cdot K)$
Valor de aislamiento térmico marco W (U_f)	$U_f=1,0W/(m^2 \cdot K)$
Valor aislamiento acústico (dB)	dB=24
Valor transmisión de luz	62%
Categoría de inflamación según norma S/EN 13501	B-s2, d0
Paso de energía total g(%)	62%

La cúpula en su parte más elevada tiene una altura de 0,46m (parte central) tal y como se observa en la ilustración 33.

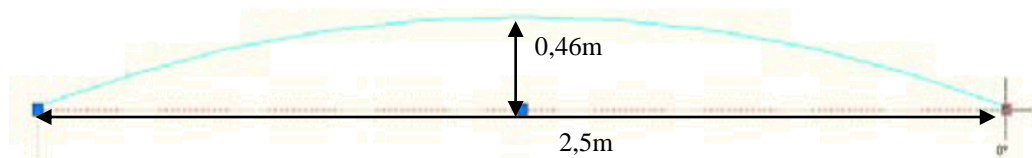


Ilustración 33: Perfil de la parte central de la claraboya F-100. Fuente propia

Marco

Las juntas sellan la perfilaría del marco con el zócalo que juega un importante rol en el aislamiento térmico y, consecuentemente, en la eficiencia energética de la claraboya. Debido a la configuración espacial, las juntas forman cuatro cámaras de aislamiento.

Zócalo

Fabricado con poliéster reforzado con fibra de vidrio, el zócalo es un buen elemento en lo que respecta a la prevención en la propagación del fuego en las cubiertas, por lo que no hay ninguna necesidad en invertir en medidas de protección adicionales.

El zócalo tiene una altura de 30 cm respecto al suelo de la cubierta.

8.1.2.2 Material

El PETG es una abreviación de polietilentereftalato de glicol, un material co-extruido especial para protección de los rayos ultravioletados.

Las principales ventajas son:

- Muy alta resistencia a los impactos (Ensayo de 1200 Julios)
- No gotea al arder
- Resistencia a disolventes utilizados en limpiezas.
- Resistencia química muy elevada frente a ácidos, alcoholes, glicol, aceites minerales...que permiten la mejor solución de durabilidad en ambientes corrosivos.

8.1.2.3 Normas y códigos

Este producto satisface las siguientes normas o códigos:

- UNE-EN 1873-2006: cumple con el marcado CE para accesorios y cubiertas de plástico según esta norma.
- Código Técnico de la Edificación (CTE): cumple los requerimientos de aislamiento térmico y acústico según este código.
- EnEv 2012: norma de prescripción de ahorro de energía



Ilustración 34: Lamilux. [Claraboya F-100]. Recuperado de
<http://www.arquitecturadelvidrio.com/catalogs/Exutorio-F-100.pdf>

La ilustración 34 muestra la claraboya y su apariencia, como se puede observar tiene una estética bastante adecuada para una nave de producción.

8.1.2.4 Número de claraboyas presupuestadas y de la propuesta optimizada

Tabla 25: Tipo de claraboyas y número. Fuente propia

Tipo de claraboya	Proyecto	Material Cúpula	Unidades presupuestadas	Unidades propuesta optimizada
F-100 2x2,5 m	NLK8	PETG 2 Capas	91	8
F-100 2x2,5 m	NLK9	PETG 2 Capas	117	32
F-100 2x2,5 m	NLK10	PETG 2 Capas	110	24

En la tabla 25 se muestran las unidades presupuestadas de esta claraboya para los talleres especificados y las unidades de la propuesta optimizada, así como las capas que tendrá.

8.1.3 Lucernario Continuo B de CI-System

8.1.3.1 Estructura

A diferencia de la claraboya F-100, que era una cúpula, este lucernario es un arco tal y como se muestra en la figura 35.

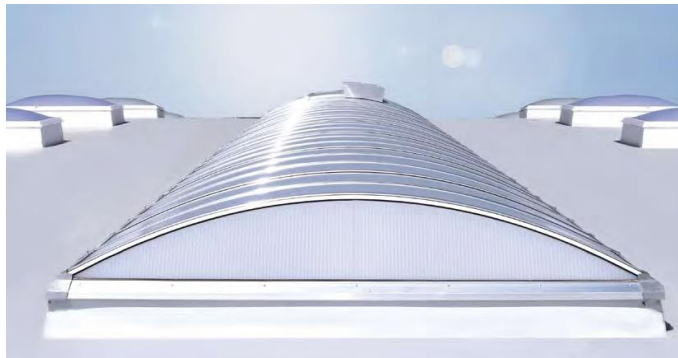


Ilustración 35: Lamilux. [Lucernario Tipo B]. Recuperado de <http://www.arquitecturadelvidrio.com/catalogs/Bv2.pdf>

Este arco se muestra en la figura 36.

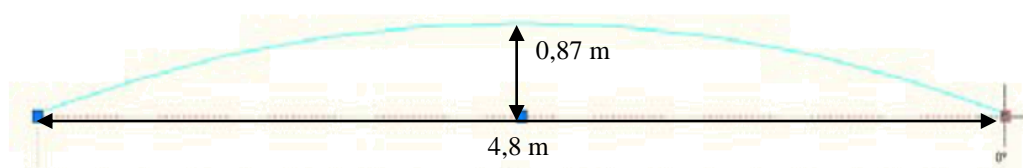


Ilustración 36: Perfil lucernario tipo B. Fuente propia

El lucernario continuo tipo B presupuestado para el taller 12 tiene unas dimensiones de 4,80 m de largo x 4,00 m de ancho.

Acristalamiento

El acristalamiento es de poliéster reforzado con fibra de vidrio multicapa con cámaras de 10mm de espesor, con antideslumbramiento y tratado para que su superficie resista los UV. Los datos técnicos del acristalamiento se detallan en la tabla 6.

Tabla 26: Lamilux. [Datos técnicos del lucernario tipo B]. Recuperado de <http://www.arquitecturadelvidrio.com/catalogs/Bv2.pdf>

Datos técnicos	
Valor de aislamiento térmico acristalamiento (U_g)	$U_g=1,8W/(m^2 \cdot K)$
Valor de aislamiento térmico marco W (U_f)	$U_f=1,0W/(m^2 \cdot K)$
Valor aislamiento acústico (dB)	dB=20

Valor transmisión de luz	51%
Categoría de inflamación según norma EN 13501	B-s1, d0
Paso de energía total g(%)	50%
Resistencia a la carga de nieve	0,75 kN/m ²

Marco

Las juntas entre el plástico y la estructura sellan automáticamente, el suministro de oxígeno en caso de incendio para interrumpir las llamas. Estas juntas no van atornilladas, es perfilera.

Zócalo

El zócalo para la claraboya continua tipo B es de chapa de acero galvanizado con una altura de 30 cm respecto la cubierta y 2 mm de espesor basados en cálculos estructurales.

8.1.3.2 Material

El Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) es un material plástico compuesto, formado por la estructura resistente de hebras de fibra de vidrio y el plástico que actúa como conglomerante.

La fibra de vidrio le aporta al compuesto: resistencia mecánica, rigidez dimensional, y resistencia al calor.

El poliéster aporta: resistencia química, dieléctrica y comportamiento a la intemperie.

Las principales características de este material son:

- resistencia a la corrosión
- resistencia al calor
- alta estabilidad a los rayos UV y condiciones meteorológicas
- aislante / dieléctrico
- gran resistencia mecánica con baja densidad
- montaje ergonómico gracias al bajo peso de las piezas respecto a alternativas metálicas

Al poliéster reforzado con fibra de vidrio también se lo suele denominar PRFV por la abreviatura de sus siglas.

8.1.3.3 Normas y códigos

Este producto satisface las siguientes normas o códigos:

- ETA-09/0347: aprobación técnica Europea; certificado referente a la capacidad técnica de un producto de construcción.
- ETAG 010: propiedades de protección térmica testadas conforme esta norma.
- Organización Europea de Idoneidad Técnica (EOTA): el ensayo del lucernario B se basa en las directrices de homologación establecidas por esta organización.
- Código Técnico de la Edificación (CTE): cumple los requerimientos de aislamiento térmico y acústico según este código.

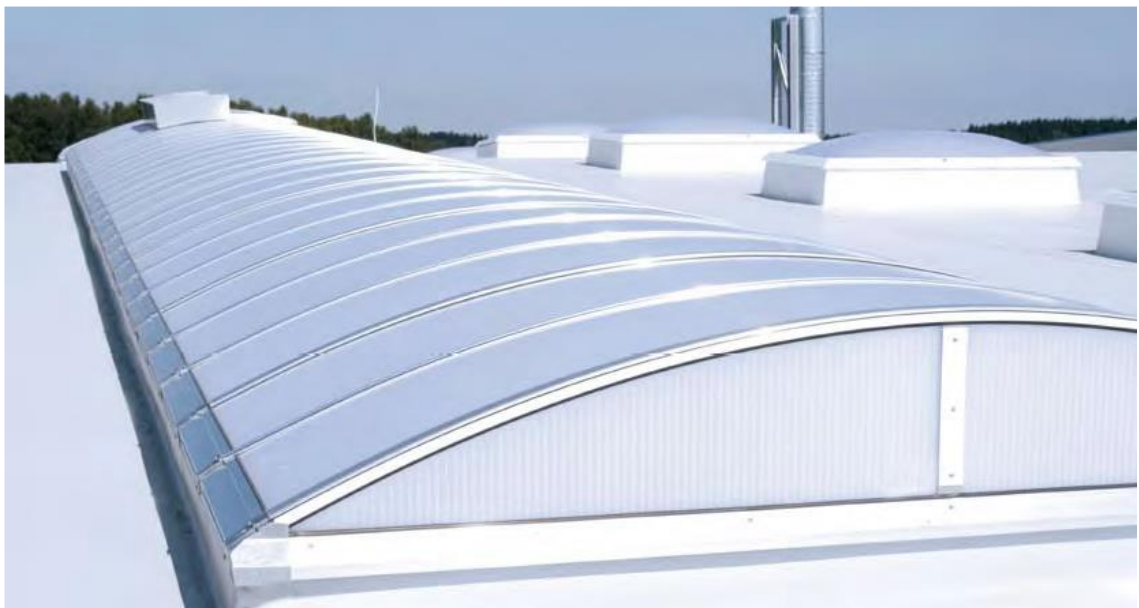


Ilustración 37: Lamilux. [Claraboya tipo B]. Recuperado de <http://www.arquitecturadelvidrio.com/catalogs/Bv2.pdf>

La ilustración 37 muestra el acabado final estético de la claraboya.

8.1.3.4 Número de claraboyas presupuestadas y de la propuesta optimizada

En la tabla 27 se puede observar el número de unidades presupuestadas y las unidades de la propuesta optimizada.

Tabla 27: Tipo de claraboyas y número. Fuente propia

Tipo de claraboya	Proyecto	Material Cúpula	Unidades presupuestadas	Unidades propuesta optimizada
Tipo B 4,8x4 m	Taller 12	Poliéster reforzado con fibra de vidrio	324	93

8.2 Descripción y motivos de la propuesta escogida

En este apartado se pasará a interpretar los resultados obtenidos en el análisis de los diversos talleres.

8.2.1 NLK 9

En la propuesta de Prefire se puede observar cómo se obtiene un valor medio de 655 lux, con un máximo de 842 lux. Estos valores son demasiado elevados poniendo en riesgo los puntos mencionados en el apartado 7, por ello en este mismo proyecto se han estudiado otras opciones más adecuadas.

Además el coeficiente de luz diurna es del 3,90%. El coeficiente de luz diurna expresa la relación, en porcentaje, entre la iluminancia promedio interior producida por la luz natural a la altura del plano de trabajo y la iluminancia en el exterior determinada en el mismo instante en un cielo uniformemente nublado y sin obstrucciones.

El coeficiente de luz diurna cuantifica los efectos del exterior y del interior en la iluminancia de un espacio interior considerado en una edificación.

Tabla 28: Norma IRAM_AADL J20-02 "Iluminación Natural en Edificios". [Coeficiente de luz diurna apropiada para cada caso]. Recuperado de <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap08.pdf>

Clasificación de la tarea según su dificultad	CLD promedio %	Ejemplos típicos de aplicación
Reducida	1	Circulación, depósitos de materiales toscos, etc.
Mediana	2	Inspección general, trabajo común de oficina.
Alta	5	Trabajos de costura, dibujo, etc.
Muy alta	10	Montaje e inspección de mecanismos delicados.

Con la cantidad de lucernarios presupuestados por Prefire se obtiene un coeficiente de luz diurna de 3,90%, un valor bastante bueno. Cabe recordar que el software es muy conservador y que estos valores en la realidad serían más elevados.

Si se observan los valores de la propuesta se puede constatar que con la incorporación de 32 lucernarios a los 11 ya existentes se pasaría de un valor medio de 46 lux a un valor medio de 187 lux y un coeficiente de luz diurna de 1,47%. Al ser un programa conservador, se obtendrían los 200 lux necesarios si se implantase la propuesta. En cuanto a el coeficiente de luz diurna, tal y como se indica en la norma, el valor no es óptimo pero sí que se cumpliría la norma en función de la actividad que se hace en este supermercado. La luminancia es la magnitud que sirve para expresar el brillo de las fuentes de luz o de objetos iluminados y es la que determina la sensación visual producida por dichos objetos. Un valor de 29 cd/m² es un valor satisfactorio, tal y como se puede comprobar en la figura 38.

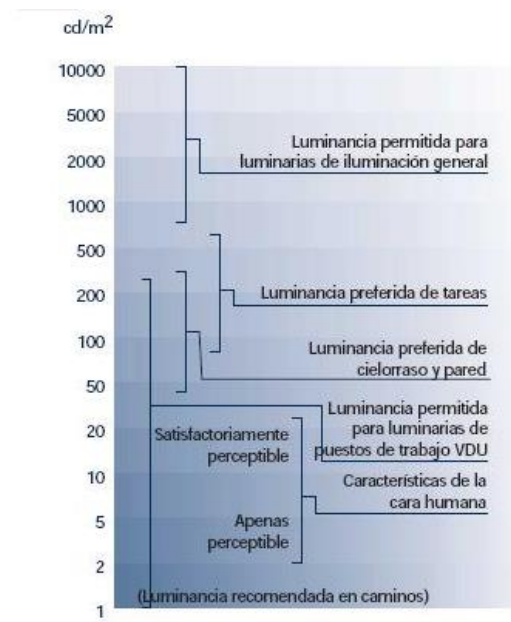


Ilustración 38: Ministerio de Empleo y Seguridad. Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para su evaluación. [Diagrama de luminancia]. Recuperado de <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Iluminacion/ficheros/IluminacionPuestosTrabajoN.pdf>

8.2.2 NLK 8

En la propuesta de Prefire se puede observar cómo se obtiene un valor medio de 651 lux, con un máximo de 873 lux. Estos valores son demasiado elevados poniendo en riesgo los puntos mencionados en el apartado 7, por ello en este mismo proyecto se han estudiado otras opciones más adecuadas.

Con la cantidad de lucernarios presupuestados por Prefire se obtiene un coeficiente de luz diurna de 4,40%, un valor bastante bueno. Cabe recordar que el software es muy conservador y que estos valores en la realidad serían más elevados.

Si se observan los valores de la propuesta se puede constatar que con la incorporación de 8 lucernarios a los 17 ya existentes se pasaría de un valor medio de 124 lux a un valor medio de 190 luxes y un coeficiente de luz diurna de 1,28%. Al ser un programa conservador, se obtendrían más de 200 lux. En cuanto a el coeficiente de luz diurna, tal y como se indica en la norma, el valor no es óptimo pero sí que se cumpliría la norma en función de la actividad que se hace en este supermercado.

En cuanto a la luminancia de suelo, un valor de 27cd/m² es un valor satisfactorio, tal y como se puede comprobar en la ilustración 38.

8.2.3 NLK 10

En la propuesta de Prefire se puede observar cómo se obtiene un valor medio de 598 lux, con un máximo de 762 lux. Estos valores son demasiado elevados poniendo en riesgo los puntos mencionados en el apartado 7, por ello en este mismo proyecto se han estudiado otras opciones más adecuadas.

Con la cantidad de lucernarios presupuestados por Prefire se obtiene un coeficiente de luz diurna de 4,68%, un valor bastante bueno. Cabe recordar que el software es muy conservador y que estos valores en la realidad serían más elevados.

Si se observan los valores de la propuesta se puede constatar que con la incorporación de 24 lucernarios a los 12 ya existentes se pasaría de un valor medio de 73 lux a un valor medio de 201 lux y un coeficiente de luz diurna de 1,57%. Al ser un programa conservador, se obtendrían más de 200 lux. En cuanto a el coeficiente de luz diurna, tal y como se indica en la norma, el valor no es óptimo pero sí que se cumpliría la norma en función de la actividad que se hace en este supermercado.

En cuanto a la luminancia de suelo, un valor de 29cd/m² es un valor satisfactorio, tal y como se puede comprobar en la figura 38.

8.2.4 Taller 12

En la propuesta de Prefire se puede observar cómo se obtiene un valor medio de 644 lux, con un máximo de 801 lux. Estos valores son demasiado elevados poniendo en riesgo los puntos mencionados en el apartado 7, por ello en este mismo proyecto se han estudiado otras opciones más adecuadas.

Con la cantidad de lucernarios presupuestados por Prefire se obtiene un coeficiente de luz diurna de 5,07%, un valor bastante bueno. Cabe recordar que el software es muy conservador y que estos valores en la realidad serían más elevados.

Si se observan los valores de la propuesta se puede constatar que con la incorporación de 122 lucernarios se pasaría a un valor medio de 191 lux y un coeficiente de luz diurna de 1,50%. Al ser un programa conservador, se obtendrían más de 200 lux. En cuanto a el coeficiente de luz diurna, tal y como se indica en la norma, el valor no es óptimo pero sí que se cumpliría la norma en función de la actividad que se hace en este supermercado.

En cuanto a la luminancia de suelo, un valor de 28cd/m² es un valor satisfactorio, tal y como se puede comprobar en la figura 38.

9. Viabilidad económica

Por petición del cliente (la empresa), la viabilidad económica se basará únicamente en el “payback” del proyecto, puesto que es el factor que hará viable el proyecto o no.

Se considera como hipótesis que Barcelona tiene de media 2635 horas al año de luz solar descontando los días nublados y/o oscuros, lo que implica unas 7.21 horas solares de media al día.

También hay que recordar que todas las naves de SEAT estudiadas en este informe mantienen las luces encendidas de lunes a viernes durante todo el día y los sábados de 6h a las 14h. Es decir, al año están encendidas 128 horas a la semana, con una media de 52.15 semanas por año, por lo tanto están encendidas 6 674.28 horas.

9.1 NLK 9

Este supermercado consta de 380 tubos de fluorescente cada uno con una potencia de 58W. Para obtener la potencia eléctrica de todo el supermercado, se multiplica la potencia de un tubo de fluorescente unitario con la cantidad de ellos

$$380 \text{ tubos fluorescentes} \cdot 58W = 22\,040\,W$$

Para obtener la potencia eléctrica del supermercado en kilovatios se aplica el factor de conversión:

$$22040W \cdot \frac{1kW}{1000W} = 22.04\,kW$$

A continuación, teniendo en cuenta la hipótesis del apartado 9 se puede obtener la energía necesaria para mantener el taller encendido las horas mencionadas durante un año.

$$22.04kW \cdot 6674.28h = 147\,101.13\,kWh$$

Sabiendo que SEAT compra la electricidad a 0.0742€/kWh, el precio que debería pagar al año es de aproximadamente:

$$147101.13kWh \cdot \frac{0.0742€}{1\,kWh} = 10\,914.90\,€$$

La implantación de los lucernarios implicaría poder apagar las luminarias unas 7.21 horas de media al día. Si tal y como se ha mencionado, se considera que se trabaja de lunes a sábado, las luminarias se podrían apagar 2256 horas al año.

Por lo tanto las horas al día que deberían estar encendidas se obtienen con la siguiente operación:

$$6674.28h - 2256h = 4\,418.28 \text{ horas al año}$$

Volviendo a hacer los mismos cálculos cambiando la cantidad de horas al año a la hora de obtener la energía

$$380 \text{ tubos fluorescentes} \times 58W = 22\,040\,W$$

$$22040W \cdot \frac{1kW}{1000W} = 22.04\,kW$$

$$22.04kW \cdot 4418.28h = 97\,378.89\,kWh$$

$$97378.89kWh \cdot \frac{0,0742\,€}{1\,kWh} = 7\,225.51€$$

Se obtiene que al año se debería pagar un precio de 7 225.51€. A continuación se debe tener en cuenta la inversión del montaje de los lucernarios, que según el presupuesto de Prefire:

$$938.06€ \text{ suministro claraboya} + 845€ \text{ montaje claraboya} = \frac{1\,783.06€}{\text{claraboya}}$$

$$32 \text{ claraboyas} \cdot \frac{1\,783.06€}{\text{claraboya}} = 57\,057.92€$$

En resumen, el ahorro al año en electricidad sería de 3 689.39€, pero se debería invertir 57 057.92€, se tardarían 15 años en amortizar la inversión.

9.2 NLK 8

Este supermercado consta de 466 tubos de fluorescente cada uno con una potencia de 58W. Para obtener la potencia eléctrica de todo el supermercado, se multiplica la potencia de un tubo de fluorescente unitario con la cantidad de ellos

$$466 \text{ tubos fluorescentes} \cdot 58W = 27\,028\,W$$

Para obtener la potencia eléctrica del supermercado en kilovatios se aplica el factor de conversión:

$$27028W \cdot \frac{1kW}{1000W} = 27.028 kW$$

A continuación, teniendo en cuenta la hipótesis del apartado 9 se puede obtener la energía necesaria para mantener el taller encendido las horas mencionadas durante un año.

$$27.028kW \cdot 6674,28h = 180\,392.44 kWh$$

Sabiendo que SEAT compra la electricidad a 0.0742€/kWh, el precio que debería pagar al año es de aproximadamente:

$$180392.44kWh \cdot \frac{0.0742€}{1 kWh} = \mathbf{13\,385.12 €}$$

La implantación de los lucernarios implicaría poder apagar las luminarias unas 7.21 horas de media al día. Si tal y como se ha mencionado, se considera que se trabaja de lunes a sábado, las luminarias se podrían apagar 2256 horas al año.

Por lo tanto las horas al día que deberían estar encendidas se obtienen con la siguiente operación:

$$6674.28h - 2256h = 4\,418.28 \text{ horas al año}$$

Volviendo a hacer los mismos cálculos cambiando la cantidad de horas al año a la hora de obtener la energía

$$466 \text{ tubos fluorescentes} \times 58W = 27\,028 W$$

$$27028W \cdot \frac{1kW}{1000W} = 27.028 kW$$

$$27.028kW \cdot 4418.28h = 119\,417.27 kWh$$

$$119417.27kWh \cdot \frac{0,0742 €}{1 kWh} = \mathbf{8\,860.76€}$$

Se obtiene que al año se debería pagar un precio de 8 860.76€. A continuación se debe tener en cuenta la inversión del montaje de los lucernarios, que según el presupuesto de Prefire:

$$938.06€ \text{ suministro claraboya} + 845€ \text{ montaje claraboya} = \frac{1\,783.06€}{\text{claraboya}}$$

$$8 \text{ claraboyas} \cdot \frac{1\,783.06€}{\text{claraboya}} = 14\,264.48€$$

En resumen, el ahorro al año en electricidad sería de 4 524.36€, pero se debería invertir 14 264.48€, se tardarían 3 años en amortizar la inversión.

9.3 NLK 10

Este supermercado consta de 520 tubos de fluorescente cada uno con una potencia de 58W. Para obtener la potencia eléctrica de todo el supermercado, se multiplica la potencia de un tubo de fluorescente unitario con la cantidad de ellos

$$520 \text{ tubos fluorescentes} \cdot 58W = 30\,160\,W$$

Para obtener la potencia eléctrica del supermercado en kilovatios se aplica el factor de conversión:

$$30160W \cdot \frac{1kW}{1000W} = 30.16\,kW$$

A continuación, teniendo en cuenta la hipótesis del apartado 9 se puede obtener la energía necesaria para mantener el taller encendido las horas mencionadas durante un año.

$$30.16kW \cdot 6674.28h = 201\,296.28\,kWh$$

Sabiendo que SEAT compra la electricidad a 0.0742€/kWh, el precio que debería pagar al año es de aproximadamente:

$$201296.28kWh \cdot \frac{0.0742€}{1\,kWh} = \mathbf{14\,936.18\,€}$$

La implantación de los lucernarios implicaría poder apagar las luminarias unas 7.21 horas de media al día. Si tal y como se ha mencionado, se considera que se trabaja de lunes a sábado, las luminarias se podrían apagar 2256 horas al año.

Por lo tanto las horas al día que deberían estar encendidas se obtienen con la siguiente operación:

$$6674.28h - 2256h = 4\,418.28 \text{ horas al año}$$

Volviendo a hacer los mismos cálculos cambiando la cantidad de horas al año a la hora de obtener la energía

$$520 \text{ tubos fluorescentes} \times 58W = 30\,160 W$$

$$30160W \cdot \frac{1kW}{1000W} = 30.16 kW$$

$$30.16kW \cdot 4418.28h = 133\,255.33 kWh$$

$$133255.33kWh \cdot \frac{0,0742 \text{ €}}{1 kWh} = \mathbf{9\,887.54\text{€}}$$

Se obtiene que al año se debería pagar un precio de 9 887.54€. A continuación se debe tener en cuenta la inversión del montaje de los lucernarios, que según el presupuesto de Prefire:

$$938.06\text{€ suministro claraboya} + 845\text{€ montaje claraboya} = \frac{1\,783.06\text{€}}{\text{claraboya}}$$

$$24 \text{ claraboyas} \cdot \frac{1\,783.06\text{€}}{\text{claraboya}} = 42\,793.44\text{€}$$

En resumen, el ahorro al año en electricidad sería de 5 048.64€, pero se debería invertir 42 793.44€, se tardarían 8 años en amortizar la inversión.

9.4 Taller 12

Este taller consta de 224 tubos de fluorescente cada uno con una potencia de 58W y de 696 luminarias con una potencia eléctrica de 400W. Para obtener la potencia eléctrica de todo el supermercado, se multiplica la potencia de un tubo de fluorescente unitario con la cantidad de ellos y lo mismo con las luminarias.

$$224 \text{ tubos fluorescentes} \cdot 58W + 696 \text{ luminarias} \cdot 400W = 291\,392 W$$

Para obtener la potencia eléctrica del supermercado en kilovatios se aplica el factor de conversión:

$$2913920W \cdot \frac{1kW}{1000W} = 291.392 kW$$

A continuación, teniendo en cuenta la hipótesis del apartado 9 se puede obtener la energía necesaria para mantener el taller encendido las horas mencionadas durante un año.

$$291.392kW \cdot 6674.28h = 1\,944\,831.798\,kWh$$

Sabiendo que SEAT compra la electricidad a 0.0742€/kWh, el precio que debería pagar al año es de aproximadamente:

$$201296.28kWh \cdot \frac{0.0742€}{1\,kWh} = \mathbf{144\,306.52\,€}$$

La implantación de los lucernarios implicaría poder apagar las luminarias unas 7.21 horas de media al día. Si tal y como se ha mencionado, se considera que se trabaja de lunes a sábado, las luminarias se podrían apagar 2256 horas al año.

Por lo tanto las horas al día que deberían estar encendidas se obtienen con la siguiente operación:

$$6674.28h - 2256h = 4\,418.28\,horas\,al\,año$$

Volviendo a hacer los mismos cálculos cambiando la cantidad de horas al año a la hora de obtener la energía

$$224\,tubos\,fluorescentes \cdot 58W + 696\,luminarias \cdot 400W = 291\,392\,W$$

$$2913920W \cdot \frac{1kW}{1000W} = 291.392\,kW$$

$$291.392kW \cdot 4418.28h = 1\,287\,451.446\,kWh$$

$$1287451.446\,kWh \cdot \frac{0,0742\,€}{1\,kWh} = \mathbf{95\,528.90€}$$

Se obtiene que al año se debería pagar un precio de 95 887.54€. A continuación se debe tener en cuenta la inversión del montaje de los lucernarios, que según el presupuesto de Prefire:

$$3\,663€\,suministro\,claraboya + 828.26€\,montaje\,claraboya = \frac{4\,491.26€}{claraboya}$$

$$93 \text{ claraboyas} \cdot \frac{4\,491.26\text{€}}{\text{claraboya}} = 417\,687.18\text{€}$$

En resumen, el ahorro al año en electricidad sería de 48 777.62€, pero se debería invertir 417 687.18€, se tardarían 8 años para producirse el retorno de la inversión.

9.5 Resumen

Para calcular el ahorro de emisiones de CO₂ al año se debe recordar que cada kWh de consumo eléctrico implica una formación de 0,65 kg de CO₂ a la atmosfera. La tabla 29 muestra un resumen de los datos más significativos.

Tabla 29: Resumen económico. Fuente propia

Taller	Coste electricidad actual	Coste electricidad propuesta	Ahorro económico	Número de lucernarios a instalar	Inversión necesaria	Tiempo de retorno (años)	Ahorro toneladas CO ₂
NLK 8	13.385,12€	8.860,76€	4.524,36€	8	14.264,48€	3	39,60 t
NLK 9	10.914,90€	7.225,51€	3.689,39€	32	57.057,92€	15	32,29 t
NLK 10	14.936,18€	9.887,54€	5.048,64€	24	42.793,44€	8	44,19 t
Taller 12	144.306,52€	95.528,90€	48.777.62€	93	417.687,18€	8	426,95 t

El taller que más rápido recuperaría la inversión es el supermercado del número 8, su reducido tamaño y la cantidad de exutorios translucidos ya instalados y bien ubicados, hacen que no sea necesario instalar muchos más para llegar al valor mínimo de 200 lux. En el caso del supermercado del taller 10, el “payback” es de 8 años. Su tamaño es similar al NLK 8 (mientras que el NLK 10 tiene una superficie de 3993 m², el NLK 8 tiene una superficie de 3591 m²), sin embargo el NLK8 tiene más exutorios translucidos instalados que el NLK 10, lo que provoca que la inversión sea más elevada en el supermercado del 10. Además la forma del supermercado y la distribución de los exutorios hacen que la inversión en claraboyas sea más elevada. En el caso del supermercado NLK9, la distribución de sus exutorios es muy peculiar, lo que provoca que no sea tan fácil situar los nuevos exutorios para que la iluminación alcance a la máxima área posible. Su superficie es de 5376 m², mayor a la de los otros dos supermercados, sin embargo tiene menos exutorios instalados que cualquiera de los otros dos. En cuanto al taller 12, el tipo de claraboya presupuestada en este caso es diferente, es más alargada y grande, lo que hace que sea más cara, pero que en proporción se necesiten menos, hecho importante ya

que si no se necesitaría agujerear mucho más el techo. La inversión en este caso es muchísimo más elevada, pero porque la superficie de este taller es de 35000m^2 , unas dimensiones muchísimo más grandes que la de los supermercados. En cualquier caso el ahorro en energía eléctrica sería sobre un 30% en los 4 casos.

10. Impacto medioambiental

Este estudio tiene como finalidad descubrir la viabilidad de él mismo. Después de observar el punto 9.4, cabe pensar que el estudio no es viable económicamente según los parámetros del cliente, sin embargo este estudio ha obtenido unos resultados que deberían hacer replantear los parámetros de viabilidad expuestos.

Es importante mencionar que, debido a la importancia de las emisiones de dióxido de carbono a la hora de que el proyecto se pueda aprobar, se ha hecho especial hincapié en este gas, pero también hay que recordar que, en menor medida, se emiten gases tales como óxidos de nitrógeno y de azufre.

Si el estudio no se llevase a cabo por motivos económicos, el impacto medioambiental de no modificar absolutamente nada, sería el mismo que ha estado ocurriendo desde la creación de la fábrica. Es decir se seguiría consumiendo la misma energía eléctrica que se ha estado consumiendo hasta ahora y se seguirían emitiendo más o menos las mismas cantidades de dióxido de carbono y de óxidos de azufre y nitrógeno.

En cambio, si el proyecto se llevase a cabo, el impacto medioambiental sería muy favorecedor. Se reduciría el consumo eléctrico provocando una disminución de unas 543 toneladas al año, lo que sería muy positivo en términos medioambientales. También se reduciría la cantidad de óxidos de azufre y nitrógeno emitidos a la atmosfera. Estas reducciones ayudarían, aunque con una ínfima aportación, a evitar el calentamiento global provocado por los gases de efecto invernadero, además se ayudaría a reducir la acidificación, se emitirían menos sustancias carcinógenas y se ayudaría a evitar la disminución de la capa de ozono y la producción de las llamadas nieblas de invierno y fotoquímica.

Una vez expuesto las dos posibles opciones que pueden surgir de este estudio, cabe destacar que, aunque por temas económicos debidos a la crisis se decidiera no llevar a cabo el proyecto, en un futuro próximo será necesario ponerlo en marcha. La única forma de disminuir las emisiones de gases nocivos y acercarse a un desarrollo sostenible sin provocar daños al medioambiente es empezar a utilizar fuentes de energía renovables. Particularmente en este tema, la opción más plausible para desarrollar una fabricación sostenible es utilizar horas de Sol en vez de tener encendidas las luces durante todas las horas del día. Es necesario recordar que la situación geográfica de la fábrica es muy favorable en este campo. En cuanto se amortizase la instalación, la iluminación proveniente del Sol no provocaría ningún tipo de gasto ni contaminación, es decir se conseguiría una situación más sostenible que en la actualidad.

Como ultima pincelada, también es importante mencionar que precio y valor no son sinónimos. El estudio no es viable económicamente si uno se centra en el precio de la electricidad, sin embargo se debe tener presente cual es el valor de un planeta sin contaminación y sus consecuencias. Un claro ejemplo es el precio del agua, que puede llegar a ser irrisorio, sin embargo sin agua el ser humano no podría vivir, lo que le confiere un valor incalculable. Tanto el agua como la electricidad pueden tener unos límites, no hay ni agua ni electricidad infinita. Cualquier recurso natural puede abastecer sin problemas y el gasto para su utilización sería únicamente el de la adecuación de las instalaciones para poder hacer uso de este.

11. Consideraciones sociales

La iluminación exterior o luz diurna varía de los 120.000lux de luz solar directa a mediodía a menos de 5 lux en momentos de nubes tempestuosas y espesas con el Sol en el horizonte. En la tabla 30 se muestran los valores de iluminancia.

Tabla 30: Ministerio de Empleo y Seguridad. Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para su evaluación. [Valores de iluminancia]. Recuperado de <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Iluminacion/ficheros/IluminacionPuestosTrabajoN.pdf>

Iluminancia	Ejemplo
120000 lux	Luz diurna más brillante
110000 lux	Luz diurna brillante
20000 lux	Sombra iluminada por un cielo completamente azul, al mediodía.
10000 - 25000 lux	Típico día nublado
<200 lux	Extremo de las más oscuras nubes tempestuosas y al mediodía.
400 lux	Ocaso en un día claro (iluminación ambiental).
40 lux	Completamente nublado, en el orto/ocaso.
<1 lux	Extremo de las más oscuras nubes tempestuosas, en el orto/ocaso.

Es necesario mencionar que la luz diurna tiene un efecto psicológico positivo sobre el ser humano, es por ello que el mayor número de casos de problemas de salud mental se registran durante los meses de invierno debido a la disminución de horas de luz solar. Casos de depresión están específicamente enlazados con la luz diurna, como por ejemplo el llamado trastorno afectivo estacional. La instalación de lucernarios implicaría una mejora en la salud y estado de ánimo de los empleados. Por otra parte, si dicho proyecto se llevase a cabo, se conseguiría ser un referente en cuanto a desarrollo ecológico en lo que a fábricas europeas se refiere, lo que repercutiría en conseguir una mayor concienciación ecológica del personal SEAT. En cuanto a la repercusión sobre el planeta, aunque sería pequeña, la disminución de emisiones de dióxido de carbono ayudaría a frenar el efecto invernadero y los problemas derivados por la contaminación, lo que implicaría una mejora en la calidad de vida de todos los habitantes del planeta.

12. Planificación y organización del estudio

12.1 Identificación de las tareas

Seguidamente se presenta la lista de tareas necesarias de realizar para poder desarrollar este proyecto de manera satisfactoria. Se dividen en 6 grandes grupos: pasos previos, desarrollo, análisis, resultados, cálculos y viabilidad económica y entregas.

Pasos previos

- I1. Introducción a la iluminación natural
- I2. Definición del objetivo y acotación del proyecto

Desarrollo

- D1. Recopilación de datos e información internos
 - D1.1 Definición de las especificaciones necesarias
 - D1.2 Búsqueda de normativa
 - D1.3 Consideraciones y datos técnicos necesarios
 - D1.4 Visita a las instalaciones
 - D1.5 Medición de los parámetros necesarios
 - D1.6 Estudio del lucernario/de los lucernarios
- D2. Elección del proveedor, recopilación de datos e información externos
 - D2.1 Búsqueda de fabricantes/instaladores de lucernarios
 - D2.2 Elección del proveedor
 - D2.3 Visita con el proveedor a las instalaciones
 - D2.4 Visita al proveedor
 - D2.5 Elección de los tipos de lucernarios más adecuados
 - D2.6 Entrega del presupuesto

Análisis

- A1. Familiarización con el software, visita a Phillips
- A2. Diseño gráfico de los talleres
- A3. Diseños en el programa Dialux
- A4. Modelos presupuestados
- A5. Análisis I
- A6. Modelos propuestos
- A7. Análisis II

Resultados

- R1. Interpretación de los resultados

Cálculos y viabilidad económica

- V1. Consumo eléctrico inicial
- V2. Consumo eléctrico con las propuestas optimizadas
- V3. Emisiones de CO₂
- V4. Viabilidad económica y presupuesto
- V5. Conclusiones

Entregas

- E1. Entrega del chárter
- E2. Borrador
- E3. Presentación escrita
- E4. Presentación oral
- E5. Redacción

12.2 Descripción de las tareas

A continuación se pasan a detallar las tareas, que se dividen en 6 grandes grupos: pasos previos, desarrollo, análisis, resultados, cálculos y viabilidad económica y entregas.

Pasos previos

- I1. Introducción a la iluminación natural:** Se iniciará una búsqueda de información preliminar sobre iluminación natural. Esta información será necesaria y de gran utilidad para poder comprender el concepto, tener una visión general de esta fuente de energía renovable y así poder fijar un objetivo realista.
- I2. Definición del objetivo y acotación del proyecto:** Debido a lo extenso que podría llegar a ser un estudio de este tipo, es necesario definir correctamente el objetivo y el alcance al que hará referencia.

Desarrollo

D1. Recopilación de datos e información internos

D1.1 Definición de las especificaciones necesarias: Se definirán y fijarán los requerimientos necesarios teniendo en cuenta la opinión y las necesidades del cliente (la empresa) y las posibilidades realistas según las opciones existentes en el mercado.

D1.2 Búsqueda de normativa: Se hará una búsqueda de cualquier tipo de normativa tanto estatal como propia de la empresa. Cualquier propuesta que instalación de claraboyas deberá cumplir las normativas aplicables con el fin de que el estudio sea viable.

D1.3 Consideraciones y datos técnicos necesarios: Se hará una lista de aquellas consideraciones, parámetros y/o datos que se tendrán en cuenta a la hora de desarrollar el estudio.

D1.4 Visita a las instalaciones: Será necesario visitar las instalaciones para poder observar el tipo de trabajo que se hace en cada taller y/o nave y conocer las posibles limitaciones que pueda haber en cada uno de ellos debido al uso que se le esté dando.

D1.5 Medición de los parámetros necesarios: Durante la visita se medirán las dimensiones de todos los talleres y/o naves. También se contarán el número de luminarias y el tipo y finalmente se observará si hay existencia de exutorios y si estos son ciegos o translucidos.

D1.6 Estudio del lucernario/de los lucernarios: Una vez escogidos los lucernarios según las necesidades y requisitos que se quieran cubrir, se pasará a leer, estudiar y analizar la información y especificaciones en profundidad. Toda la información que se estudiará servirá para ser conocedor de las limitaciones de dichos lucernarios y poder hacer el análisis lo más fidedigno posible.

D2. Elección del proveedor, recopilación de datos e información externos

D2.1 Búsqueda de fabricantes/instaladores de lucernarios: Se hará una búsqueda de proveedores teniendo en cuenta únicamente a aquellos que vendan el producto y lo instalen.

D2.2 Elección del proveedor: Se escogerá al proveedor teniendo en cuenta cual será el que cubra mejor las necesidades y requisitos marcados por la empresa.

D2.3 Visita con el proveedor a las instalaciones: Se especificará un día en el que se visitaran las instalaciones con el proveedor a fin de obtener un presupuesto totalmente ajustado y fidedigno.

D2.4 Visita al proveedor: Se visitará el almacén u oficinas del proveedor a fin de que presente sus productos y haga una pequeña explicación de las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos.

D2.5 Elección de los tipos de lucernarios más adecuados: Teniendo en cuenta los productos ofrecidos, y estudiando toda la información se escogerán aquellos más adecuados teniendo presente los requisitos marcados por el cliente (la empresa).

D2.6 Entrega del presupuesto: Este hito consistirá en la entrega por parte del proveedor del presupuesto. Para evitar retrasos se le pedirá que dicha información se facilite, como muy tarde, dos semanas después de la visita a las instalaciones.

Análisis

A1. Familiarización con el software, visita a Phillips: Será necesario entrar en contacto con el programa, para ello se estimará que se harán ciertas pruebas y se hará una visita a las oficinas de Phillips, ya que impartirán un curso rápido de manejo del programa.

A2. Diseño gráfico de los talleres: Con los datos tomados dentro de los talleres (medidas) y teniendo en cuenta las consideraciones hechas, se pasará a diseñar todos los talleres y/o naves en AutoCAD.

A3. Diseños en el programa Dialux: Una vez finalizados los diseños en AutoCAD, se abrirán con el programa Dialux y se podrá trabajar en el gracias a la compatibilidad entre ambos programas.

A4. Modelos presupuestados: Se diseñaran y distribuirán los lucernarios presupuestados en cada uno de los talleres de forma equitativa y se introducirán los datos demandados (condiciones de contorno). En este apartado no se tendrán en cuenta los exutorios existentes en la actualidad.

A5. Análisis I: Se computará el programa y se obtendrán los resultados.

A6. Modelos propuestos: Se propondrán nuevos modelos aumentando o disminuyendo el número de lucernarios y teniendo en cuenta los exutorios ya existentes, con el fin de disminuir el gasto que implicaría esta reforma en los talleres.

A7. Análisis II: Se computará el programa y se obtendrán los resultados.

Resultados

R1. Interpretación de los resultados: Con los resultados obtenidos en la computación, se hará una interpretación de ellos y se obtendrá la viabilidad del proyecto en términos no económicos.

Cálculos y viabilidad económica

V1. Consumo eléctrico inicial: Se calculará el consumo eléctrico y monetario de cada taller al año.

V2. Consumo eléctrico con las propuestas optimizadas: Se calculará el consumo eléctrico y monetario estimado si los talleres tuvieran los lucernarios instalados.

V3. Emisiones de CO2: Se calcularán las emisiones de CO2 de cada taller en la actualidad y las emisiones si se implementasen las propuestas optimizadas

V4. Viabilidad económica y presupuesto: Se presentará un presupuesto separado por taller del coste de la instalación, así como su ahorro en consumo eléctrico anual, su disminución de emisiones de CO2 y el “payback”.

V5. Conclusiones: Se concluirá si el estudio viable técnicamente y económicamente.

Entregas

E1. Entrega del chárter: Se desarrollará el chárter y será entregado en la fecha prevista.

E2. Borrador: Se presentará del documento para recibir “feedback” sobre su estado, contenido y forma.

E3. Presentación escrita: Se entregará la memoria escrita para su evaluación.

E4. Presentación oral: Se hará una presentación oral delante de un tribunal de evaluación.

E5. Redacción: Será necesaria la redacción de la memoria para la valoración del tribunal.

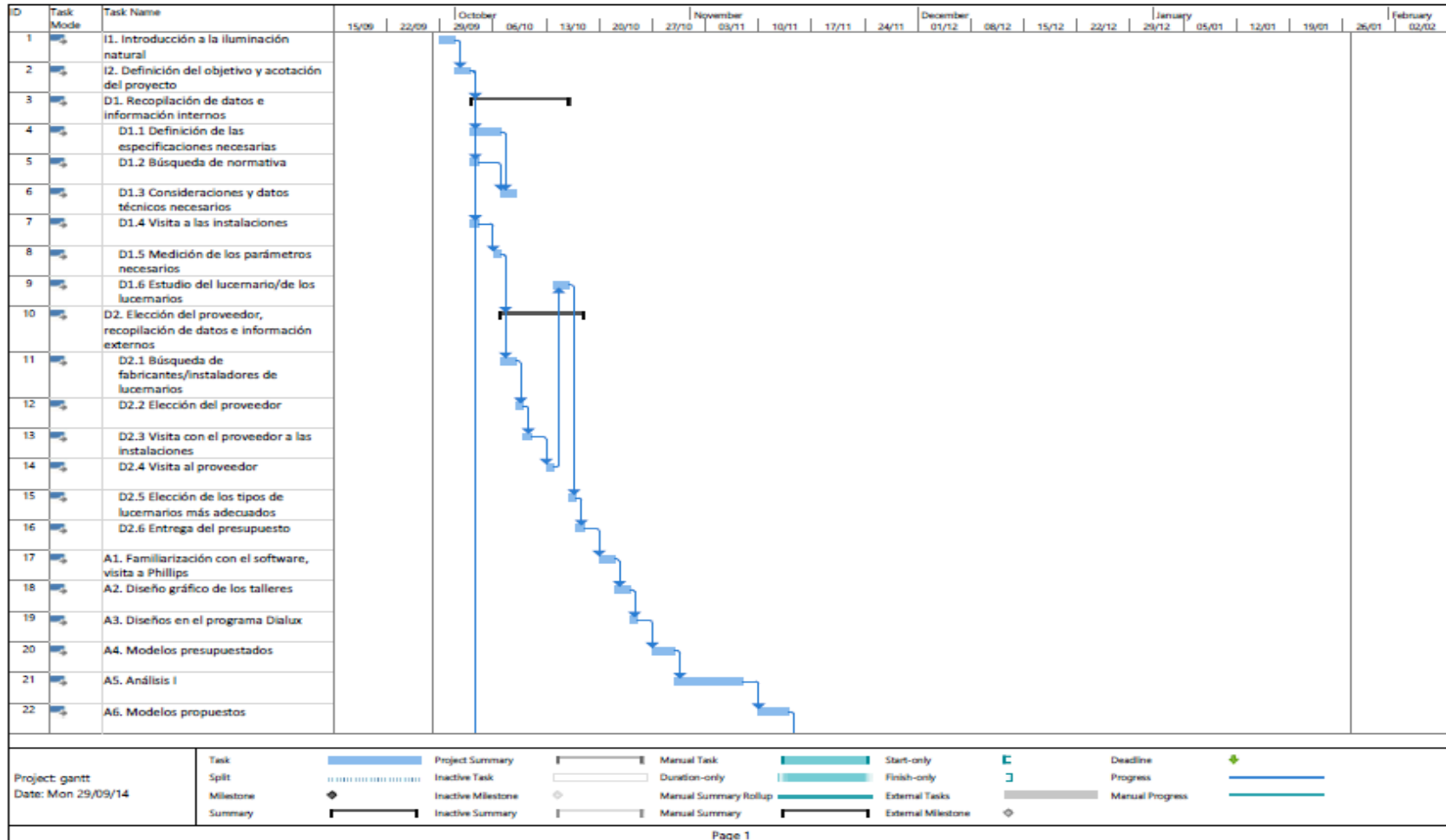
12.3 Interdependencia de las tareas y nivel de esfuerzo

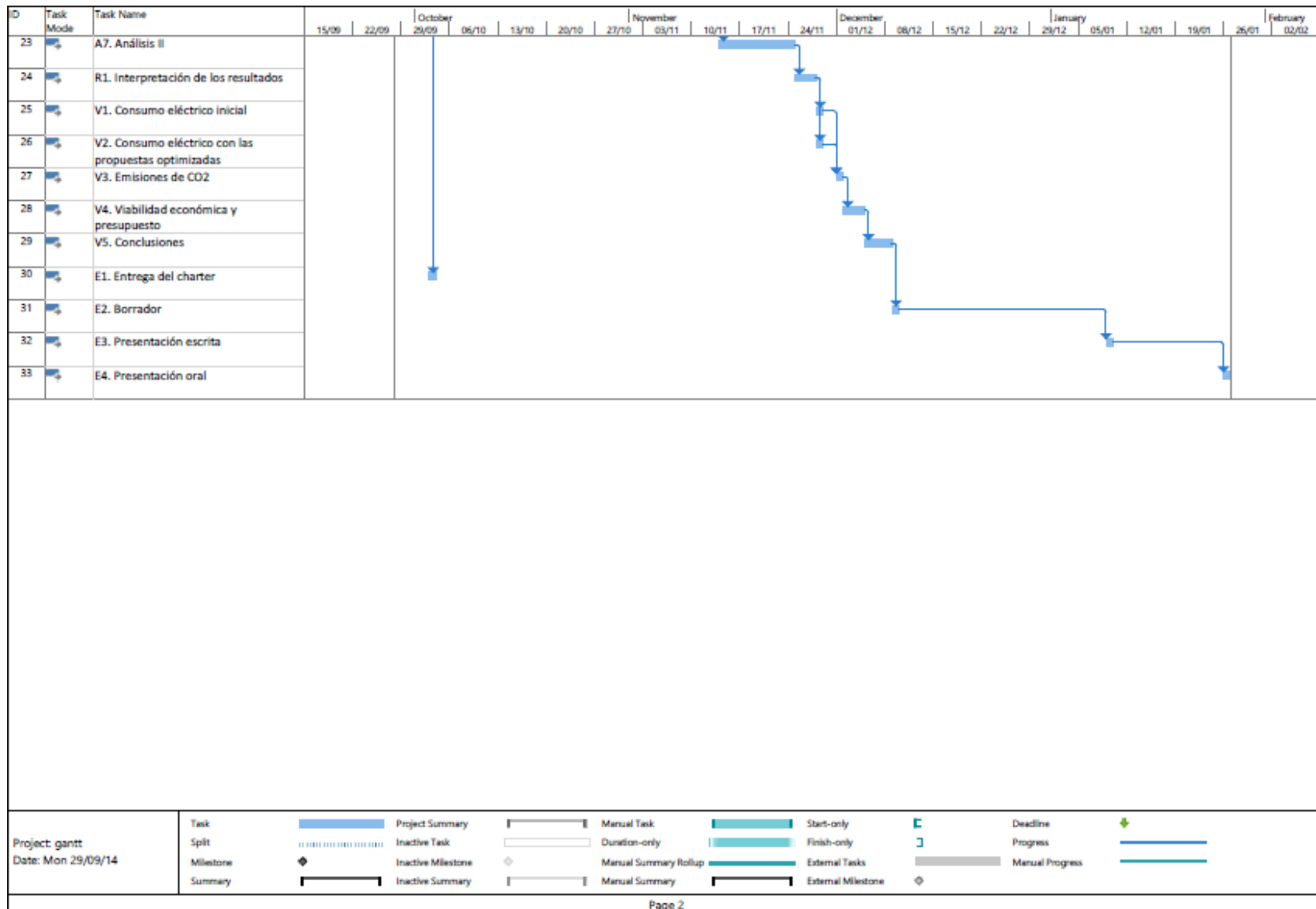
Tabla 31: Tabla desglose de actividades e interdependencias

Código	Tarea	Tarea predecesora	Nivel de esfuerzo (horas)
1	I1. Introducción a la iluminación natural		10
2	I2. Definición del objetivo y acotación del proyecto	1	10
3	D1. Recopilación de datos e información internos	2	
4	D1.1 Definición de las especificaciones necesarias	2	10
5	D1.2 Búsqueda de normativa	2	8
6	D1.3 Consideraciones y datos técnicos necesarios	4;5	8
7	D1.4 Visita a las instalaciones	2	5
8	D1.5 Medición de los parámetros necesarios	7	1
9	D1.6 Estudio del lucernario/de los lucernarios	14	10
10	D2. Elección del proveedor, recopilación de datos e información externos	8	
11	D2.1 Búsqueda de fabricantes/instaladores de lucernarios	8	8
12	D2.2 Elección del proveedor	11	1
13	D2.3 Visita con el proveedor a las instalaciones	12	5
14	D2.4 Visita al proveedor	13	5
15	D2.5 Elección de los tipos de lucernarios más adecuados	9	1
16	D2.6 Entrega del presupuesto	15	1
17	A1. Familiarización con el software, visita a Phillips	16	10
18	A2. Diseño gráfico de los talleres	17	10
19	A3. Diseños en el programa Dialux	18	4
20	A4. Modelos presupuestados	19	30
21	A5. Análisis I	20	40
22	A6. Modelos propuestos	21	35
23	A7. Análisis II	22	40
24	R1. Interpretación de los resultados	23	15
25	V1. Consumo eléctrico inicial	24	5
26	V2. Consumo eléctrico con las propuestas optimizadas	24	5
27	V3. Emisiones de CO2	25;26	5
28	V4. Viabilidad económica y presupuesto	27	9
29	V5. Conclusiones	28	7
30	E1. Entrega del chárter	2	1
31	E2. Borrador	29	
32	E3. Presentación escrita	31	
33	E4. Presentación oral	32	1
34	E5. Redacción	29	60



12.4 Gantt





13. Conclusiones y recomendaciones

Al ser un estudio para la realización de un proyecto que puede llegar a efectuarse en la realidad, se pueden hablar de dos tipos de conclusiones, las conclusiones académicas sobre el estudio y las conclusiones sobre el proyecto.

En términos académicos, el estudio se ha desarrollado según el triángulo especificaciones-tiempo-coste.

Las especificaciones han sido cumplidas, se ha seguido el estilo requerido del trabajo fin de grado y se ha buscado y desarrollado un tema para su estudio. En cuanto a las especificaciones del estudio, se han tenido presente en todo momento y se ha buscado aquellas propuestas u alternativas más adecuadas a fin de desarrollar correctamente este trabajo.

El tiempo, parámetro decisivo e importante en este caso por el hecho de tener fecha de entrega, se ha cumplido con éxito. Se han entregado las hojas de seguimiento en su momento, se ha entregado el borrador el día acordado y se pretende entregar el estudio definitivo el día 9 de enero así como preparar la presentación oral para el día de la exposición. Aunque ha habido algún que otro imprevisto, ninguno de ellos ha sido grave y se ha podido reconducir el trabajo de forma que el tiempo no se viese penalizado. Cabe recordar que el proyecto ha tenido una duración de unos 3 o 4 meses y la principal dificultad de controlar este parámetro ha sido estimar el tiempo de cada actividad desglosada, ya que al no haberse hecho nunca, el cálculo de tiempo no se fundamenta en ningún tipo de experiencia anterior. Por ejemplo, la computación, la redacción o aprender a utilizar el software han requerido de un extra de tiempo.

En el tema coste, el estudio no ha tenido ningún imprevisto, las visitas tanto al proveedor, como al cliente, como a Phillips han salido según lo previsto y no se ha aumentado el coste del proyecto. El coste, al ser un estudio no ha sido muy elevado puesto que solo ha dedicado horas por parte del autor, desplazamientos y electricidad y material para su redacción.

En cuanto a las conclusiones del estudio, se pueden remarcar varios aspectos de forma más o menos extensa.

Primeramente, se puede observar tanto de forma presencial si se van a visitar los talleres, como en los documentos de la memoria y los anexos que hay talleres en los cuales los exutorios son translucidos y hacen función de claraboyas, como son los casos de los 3 supermercados. Se ha hecho un estudio previo de la situación actual de luz natural y se ha observado que en ningún caso es suficiente la entrada de luz según la normativa SEAT aplicable. Por otra parte, la situación geográfica de la fábrica hace que la cantidad de horas

solares al día de media durante el año sean unas 7 horas, lo que es casi un tercio de las horas de un día. Esta situación le hace tener una posición privilegiada en lo que a iluminación natural se refiere, utilizando esta baza la empresa podría ponerse en cabeza como referente en desarrollo sostenible.

La instalación de nuevos lucernarios para poder reducir el consumo de energía eléctrica y empezar a utilizar una energía sostenible y renovable como es la solar es un paso que debe empezar a darse, puesto que la única opción de modelo sostenible de planeta es aquel en el cual se utilicen energías renovables. Además la empresa necesita por política del grupo Volkswagen reducir sus emisiones de CO₂ para 2018 en un 25% respecto 2010, porcentaje que a día de hoy aún no ha reducido con respecto a 2010. Si se llegase a aplicar la propuesta de este estudio, se reduciría en un 30% las emisiones de dióxido de carbono debidas a la utilización de energía eléctrica (ya que estos son todos almacenes y solo utilizan la energía eléctrica para iluminar).

Observando tanto el anexo, como los apartados 7 y 8 se puede decir que, por una parte, la distribución de los exutorios translucidos está hecha según parámetros no conocidos, pero seguramente debidos a algún tipo de normativa sobre ventilación e incendios. La medida más económica ha sido aprovechar dichos exutorios, en lugar de tener que desmontar y redistribuir o incluso instalar otros. La opción del proveedor, aunque ha sido estudiada, no contaba con estos exutorios instalados, puesto que su idea era rehacer desde el principio la distribución de lucernarios. Esta opción ha sido descartada por varios motivos, como es el caso de exceso de luminosidad, ya que se observaban valores de intensidad lumínica muy por encima de lo recomendado.

Otras opciones o posibles recomendaciones podrían ser, si no se quisiese llevar a cabo la reforma que propone el estudio, apagar ciertas hileras de tubos o luminarias. Como se ha visto en los resultados de la situación actual natural ofrece cierto margen para reducir el consumo eléctrico, sin embargo esto implicaría la reforma del sistema de iluminación de estos talleres y tener que desarrollar un criterio de cuando se debería encender la iluminación artificial.

La posibilidad de que estos lucernarios fueran practicables podría proporcionar un ahorro económico y medioambiental en cuanto a climatización durante las temporadas de otoño y/o primavera, sin embargo esto dispararía el precio.

En cuanto a la rentabilidad, teniendo en cuenta la época de crisis y recesión que se está viviendo actualmente, una inversión de tales magnitudes ofrece “paybacks” de más de un año, sin embargo debido a la presión del grupo Volkswagen por reducir los consumos de dióxido de carbono y emisiones contaminantes, se está planteando invertir en este tipo de proyectos, aún con “paybacks” más elevados a los normales. También cabe mencionar

que se ha ajustado el presupuesto lo máximo posible y se ha buscado la opción más eficiente con vista a no malgastar dinero.

En el tema ambiental, aunque la reducción del consumo eléctrico implica una reducción del efecto invernadero, de la emisión de sustancias carcinógenas, etc.; es muy importante centrarse en el cómputo de emisiones de dióxido de carbono, puesto que es un motivo de peso en la posible aprobación del proyecto. La reducción de alrededor de un 30% en emisiones cumpliría con las medidas impuestas por Volkswagen para 2018.

Otra posible conclusión o recomendación tanto para la empresa como para cualquier futuro ingeniero es que se debe estudiar y valorar las propuestas de los proveedores. Tal y como se ha podido corroborar en este estudio, dicha propuesta no es siempre la más óptima, pudiendo incluso ser una mala opción.

Tal y como se ha comentado en puntos anteriores de este proyecto, es importante tener en cuenta que el precio al que se pagan los recursos como la electricidad o el agua no corresponde al valor real de ellos. Tanto el agua como la electricidad pueden tener unos límites, no hay ni agua ni electricidad infinita. Cualquier recurso natural puede abastecer sin problemas y el gasto para su utilización sería únicamente el de la adecuación de las instalaciones para poder hacer uso de este.

Como conclusión final es importante mencionar que la concienciación ecológica aún no ha llegado del todo a introducirse en nuestra manera de ser o de vivir. Si bien es cierto que en los últimos 20 años la progresión y la mentalización sobre la necesidad de un mundo sostenible han evolucionado de forma muy positiva, la sociedad occidental aún se encuentra en ese punto de saber reconocer el problema, saber reconocer el camino a seguir para solucionarlo, pero no llegar a ejecutarlo. Si bien es cierto que la principal razón de la falta de ejecución es la falta de recursos económicos, el miedo al cambio a un sistema que a simple vista puede parecer menos eficiente, hace frenar la ejecución de estas acciones sin tener presente que es la única forma de no comprometer el futuro y poder evolucionar como sociedad.

14. Bibliografia

1. ETAG 010. *Self-supporting translucent Roof Kits*
2. EnEv 2012. *Norma de prescripció y ahorro de energía*
3. García Fernández, J.; Boix, O. *Magnitudes y unidades de Medida* [en línea]. Barcelona. [Consulta 17*09-14] Disponible en:
<http://recursos.citcea.upc.edu/llum/fotometria/magnitud.html>
4. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. *Guía Técnica. Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios* [en línea]. Madrid: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2010. [Consulta: 18-11-14]. Disponible en:
http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10055_GT_aprovechamiento_luz_natural_05_ff12ae5a.pdf
5. Lamilux. *Lucernario continuo B de CI-System* [en línea]. Rehau : Lamilux, octubre 2010. [Consulta: 10-10-14]. Disponible en:
<http://www.arquitecturadelvidrio.com/catalogs/Bv2.pdf>
6. Lamilux. *Vivir con luz natural, arquitectura de vidrio* [en línea]. Rehau : Lamilux, marzo 2009. [Consulta: 10-10-14]. Disponible en:
<http://www.arquitecturadelvidrio.com/catalogs/KWS60.pdf>
7. Lamilux. *CI-System Arquitectura de vidrio F* [en línea]. Rehau : Lamilux, octubre 2010. [Consulta: 10-10-14]. Disponible en:
<http://www.arquitecturadelvidrio.com/catalogs/F.pdf>
8. Lamilux. *Claraboya con cúpula de cristal F100* [en línea]. Rehau : Lamilux, marzo 2011. [Consulta: 10-10-14]. Disponible en:
<http://www.arquitecturadelvidrio.com/catalogs/Claraboya-F-100-vidrio.pdf>
9. Lamilux. *Claraboya F100 de CI-System* [en línea]. Rehau : Lamilux, octubre 2010. [Consulta: 10-10-14]. Disponible en:
<http://www.arquitecturadelvidrio.com/catalogs/Exutorio-F-100.pdf>

10. Pattini, A. *Luz natural e iluminación de interiores* [en línea]. Argentina, 1994. [Consulta: 05-10-14]. Disponible en: <http://www.electrosector.com/wp-content/ftp/descargas/luz.pdf>
11. Philips. *Código Técnico de la Edificación* [en línea]. España: Philips, junio 2006. [Consulta: 30-10-14]. Disponible en: http://www.lighting.philips.es/pwc_li/es_es/connect/tools_literature/assets/pdfs/Codigo_Tecnico_de_la_Edificacion.pdf
12. Prefire. *Prefire Quality & Innovation* [en línea]. El Masnou: Prefire, 2010. [Consulta: 15-10-14]. Disponible en: <http://www.prefire.es/>
13. S/EN 13501. *Clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego*
14. Schiffman, Harvey. *La Percepción Sensorial*. Meéxico: Limusa Wiley, 1989. p. 240. ISBN 968-18-5307-5
15. UNE-EN 1873-2006. *Prefabricated accessories for roofing – Individual roof lights of plastics – Product specification and test methods*
16. Van Bommel, W.J.M. y Van den Beld, G.J. *La iluminación en el trabajo: Efectos visuales y biológicos* [en línea]. Holanda: Philips, 2004. [Consulta: 25-09-14]. Disponible en : http://www.lighting.philips.es/connect/tools_literature/assets/pdfs/Iluminaci%C3%B3n%20en%20el%20trabajo%20Efectos%20visuales%20y%20biol%C3%B3gicos.pdf
17. Véliz Gómez, B. *Iluminación Natural* [en línea]. Valencia: Arquitectura Véliz, 2009. [Consulta: 20-11-14]. Disponible en: <http://blog.arquitecturaveliz.com/06-Iluminaci%C3%B3n%20natural.pdf>
18. Volkswagen. *Think Blue* [en línea]. Alemania: Volkswagen, 2014. [Consulta: 10-10-14]. Disponible en: <http://thinkblue.volkswagen.com/com/es/about-think-blue.html>